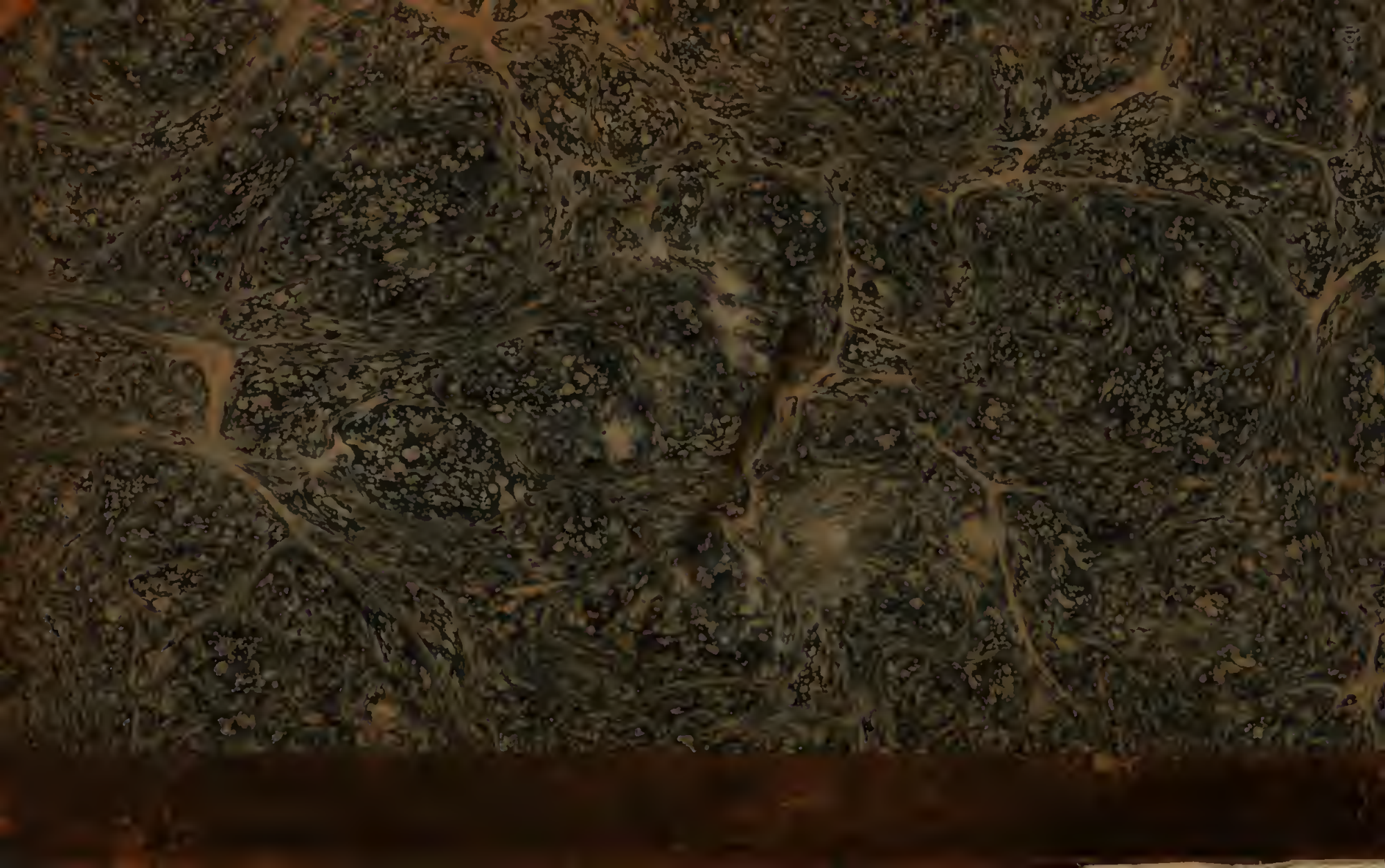
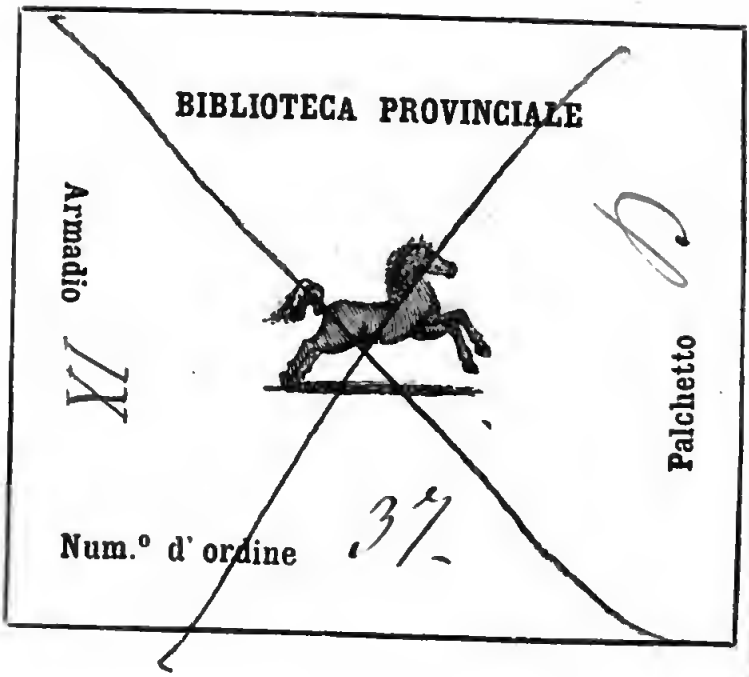


FONDO PIZZOFALCONE



1173-13

R. BIBLIOTECA
NAZIONALE
B. Prov.
I
1059
VITT. EM. III
NAPOLI

B.P
I
1059

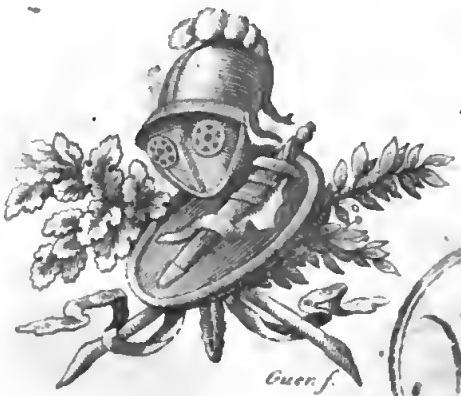
607237

BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE
NAPOLI

ELEMENTI
DI
ARCHITETTURA MILITARE
DEL
MARESCIALLO
GIUSEPPE PARISI
TOMO IV.

Seconda Edizione.

Felices Artes essent, si de illis soli Artifices judicarent. Quintil.



R. ISTITUTO ORIENTALE
NAPOLI
BIBLIOTECA M. RIPA

NAPOLI MDCCCV.
NELLA STAMPERIA SIMONIANA.

Con licenza de' Superiori.

PREFAZIONE.

ALlorchè intrapresi questa seconda Edizione dell' Architettura Militare, mi proposi trattare nel IV. Tomo di due Oggetti, de' quali il primo comprender dovea tutto ciò che riguarda la stabilità delle opere di fortificazione, e degli edificj militari necessarj nelle fortezze; ed il secondo prender dovea di mira il progresso dell' arte di fortificare, di attaccare, e difendere i luoghi fortificati, con mettere indi a scrutinio i sistemi di fortificare degli Autori più rinomati. Or in istendere un lavoro sì fatto, ho veduto che riuscivà impossibile di comprenderlo in un solo volume. Quindi mi sono determinato di dividerlo in due; trattando in questo, ch' è il IV., del primo, e nel V. del secondo oggetto; del quale estendendone le vedute, metterò in

proſpetto i progreſſi fatti dallo ſpirito umano, nell' epoche iſteſſe, o poco differenti, ſull' arte fortificatoria, ſulla guerra degli Aſſedj, e ſu quella di Campagna; e farò rilevare dalla Storia, che i principj tattici non ſono diverſi da quelli di fortificare; che la debolezza, ed il timore han dato origine agli uni, ed agli altri; e che le influenze politiche, e locali delle Nazioni ne hanno animato, e promoſſo lo ſviluppo. Onde reſterà confermato ſempre più quanto fu in breve da me detto nel Capitolo X. del I. Tomo ſull' unità de' principj della Scienza militare, malgrado che diviſa ſia in tanti rami diverſi. Mi auguro la ſorte, che un sì fatto comodo, ed utile cambiamento poſſa eſſere approvato da coloro che ſanno.

Dell'

Dell' Architettura Militare

LIBRO IV.

Di tutto ciò, che riguarda la ſtabilità delle Opere di fortificazione, e degli Edificj Militari, che coſtruir ſi debbono nelle fortezze; e delle regole più generali ſulla condotta de' lavori di sì fatte Opere.

CAP. I.

Della maniera di coſtruir reſiſtenti i riveſtimenti di fabbrica de' ripari, e delle altre opere di terra delle Piazze di guerra.

ARTICOLO I.

Delle dimenſioni de' riveſtimenti de' ripari praticate dal Mareſciallo di Vauban; e di ciò che ne pensò il Belidoro.

1. GL' Ingegneri che viſſero prima di Vauban penſarono diverſamente ſulle dimenſioni da darſi ai riveſtimenti di fabbrica de' ripari, poi-

chè alcuni li costruivano di una eccedente grossezza, ed altri di grossezza tale, che appena, era sufficiente ad equilibrare il semplice peso delle terre cadenti. Il Maresciallo di Vauban fu il primo, che stabilì una regola generale, secondo la quale si dovessero regolare le dimensioni nella parte superiore, e nella base de' rivestimenti de' ripari dell' altezza di piedi 10 fino ad 80.

2. Or prima di esporre il metodo di Vauban, si avverta, che siccome è una necessità di costruire i ripari a scarpa dalle parti interna, ed esterna allorchè sono piotati, per renderli resistenti, ed evitarne lo slamamento, così si è creduto altresì necessario di dare alle mura de' rivestimenti anche una scarpa, giacchè la parte più debole delle mura, che resister debbono ad una pressione che vi agisca con una direzione obbliqua, o perpendicolare alla linea a piombo, è radente al suolo su cui sono fondati.

3. Ne' ripari costruiti di semplice terra rivestiti di piote, non si può generalmente determinare la larghezza da darsi alla base della scarpa, poichè gli angoli, che i piani laterali

delle

delle terre ammaſſate formano coll' orizzonte, variano ſecondo la qualità, e tenacità delle medeſime. Quindi per una sì fatta determinazione conviene ricorrere all' eſperienza. Qualora poi ſieno i ripari riveſtiti di fabbrica, gl' Ingegneri che hanno ſeguito Vauban, hanno dato alla baſe della ſcarpa la groſſezza uguale al quinto dell'altezza. Alcuni poi l'hanno ridotta al ſeſto; e ve ne ſono degli altri, che la vogliono anche minore.

4. Dando quindi il Vauban alla baſe della ſcarpa de' riveſtimenti una groſſezza coſtantemente uguale alla quinta parte dell' altezza, che hanno i ripari ſul fondo della foſſata; dà poi alla parte ſuperiore de' riveſtimenti medeſimi la larghezza di piedi cinque. Onde ſe ſi ſupponga per eſempio il riparo alto piedi 25., il riveſtimento di fabbrica ne avrà 5. di groſſezza nella parte ſuperiore, e 10 nella baſe; cioè 5. per la baſe del muro, ed altri cinque per la baſe della ſcarpa.

5. Uniſce lo ſteſſo Autore alla parte interna de' riveſtimenti, de' controforti, o ſieno ſperoni di fabbrica della ſteſſa altezza de' ripari, ed anche due piedi di più, perchè poſ-

ſano ſoſtenere le terre sì de' medeſimi, che de' parapetti. Li ſitua diſtanti l' uno dall' altro per 15, e più ordinariamente per 18. piedi. Ne forma poi la pianta, con iſtabilire, che eſſendo dell' altezza di piedi 10. ſia la lun-
Fig. 1. ghezza AB di 4., la larghezza EF alla radice di 3., e quella alla coda CD di 2. Per ogni accreſcimento di piedi 5 nell' altezza, augumenta AB di un piede; EF di un mezzo; e CD di un terzo. Con un tal metodo ſi trova calcolata la ſeguente tavola, in cui viene altresì notata la ſolidità di fabbrica in teſe, piedi, e pollici cubici, di ciò che ſe ne contiene in ciaſcuna teſa corrente di tutti i differenti profili, compreſi i contraforti, qualora ſono alla diſtanza di piedi 18, ed allorchè ſono alla diſtanza di piedi 15.

timenti;

ica e, or di	Solidità di fabbrica per teſa corrente, eſſendo i controfor- ti diſtanti fra ſe di piedi 15.			
	P.	Pol.	lin.p.	
	2	1	1	4
	4	5	9	4
	8	5	1	4
	14	0	2	8
	20	4	2	8
	29	6	2	8
	39	3	4	0
	51	2	8	0

6. Minora lo ſteſſo Vauban la groſſezza de' muri de' riveſtimenti nella parte ſuperiore fino a piedi 4 ½ allorchè i materiali ſono aſſai buoni; e l'accreſce di un mezzo piede, ed anche di più, ſe i materiali ſono di cattiva qualità. Raddoppia i controforti negli angoli ſalienti in modo, che gli angoli ne rimangano abbracciati, e coperti. Eleva i controforti medeſimi perpendicolarmente, ed anneſſi alla fabbrica de' riveſtimenti nell'atto della coſtruzione, fino al cordone, ed anche due piedi al di ſopra. Non ne minora le dimenſioni, qualora ſi debba un riparo riveſtire in parte della ſua altezza. Ne' ſiti, ne' quali ſi coſtruiſcono i cavalieri, e che queſti ſi approſſimano al parapetto di 3 in 4 teſe, augumenta la groſſezza ſuperiore de' riveſtimenti di un mezzo piede per ogni cinque piedi che acquiſtano di altezza i cavalieri al di ſopra del riveſtimento. Di più avverte, che i profili della tavola ſi ſono ſtabiliti pe' riveſtimenti, che ſoſtener debbono lo sforzo delle terre ſmoſſe, e non già delle terre vergini, come ſono per lo più i riveſtimenti delle controſcarpe delle foſſate, poichè in queſti ſi poſſono minorare le dimenſioni.

ni. E finalmente nota, che la ſudetta tavola fornita delle ſuddiviſate avvertenze, l' eſperimentò utile in 150. Piazze rinforzate, o fortificate del tutto ſotto Luigi il Grande, nelle quali impiegò cinquecento mila teſe cubiche di fabbrica.

7. Il Belidoro nell' eccellente Trattato della Scienza degl' Ingegneri, eſaminando colle leggi meccaniche lo ſforzo delle tèrre de' ripari, e la reſiſtenza de' riveſtimenti, determina nel Capitolo V. del Libro I.; che colle dimenſioni del Vauban, i riveſtimenti dell' altezza di piedi 10. ſieno atti a ſoſtenere uno ſforzo doppio di quello che ſoffrono; che gli altri dell' altezza di piedi 20, 30, 40, 50, 60. poſſano ſoſtenere $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{19}$, $\frac{1}{29}$ $\frac{1}{58}$ di più dell' urto, ch' eſercitano le ſuddette terre. Quindi ſenza cambiare le dimenſioni del Vauban riguardo alle ſcarpe, ed a' contraforti, ſtabiliſce, che la groſſezza nella parte ſuperiore eſſer debba di piedi 3. pol. 5, e lin. 4, ſe l' altezza è di piedi 10.; di p. 4, pol. 8, e linee 9, ſe è di piedi 20; di p. 5, pol. 5, e lin. 9, ſe è di piedi 30; di p. 6, pol. 2, e lin. 6, ſe è di piedi 40.; di p. 6, pol. 8

e lin.

e lin. 10, ſe è di piedi 50; e di p. 6, pol. 8, e lin. 10, ſe l'altezza è di piedi 60. Vale a dire, che augumenta, ſempre la groſſezza di 6. pol. a miſura che i riveſtimenti creſcono di 10 piedi in altezza.

8. Quanto poi a' controforti avverte lo ſteſſo Autore, che ſarebbero più vantaggioſi, ſe ſi coſtruiſsero in ſituazione contraria a quella del Vauban, cioè colla larghezza maggiore alla coda, e colla minore alla radice.

9. Or quanto al calcolo de' riveſtimenti è da notarſi; che ha il Bolidoro ſuppoſto I. che ſieno le terre de' ripari nello ſtato naturale di elaſticità; ma non è così, poichè eſſendo ben peſte ne perdono molta: e II. che le mura reſiſtano allo sforzo delle terre col ſemplice peſo, quando la maggior reſiſtenza naſce dalla tenacità, e dalla coeſione delle parti componenti la fabbrica: onde ne ſiegue che i di lui calcoli ſieno vantaggioſi in favore della reſiſtenza, e che le dimenſioni delle mura ſieno anche maggiori del giuſto.

10. I controforti poi nel modo che li ſitua il Belidoro ſi rendono più atti a reſiſtere all' urto delle terre, per le leggi meccaniche. Se

ſi coſtruiſcono nel tempo iſteſſo ; che ſi formano i riveſtimenti, ſe ne accreſce la reſiſtenza ; e ſe ſi formano di minor grandezza, e ſi ſituano a diſtanza minore di piedi 15., ſi rendono più difficili le brecce, che cerca l' inimico formare ne' ripari, colle batterie de' cannoni.

ARTICOLO II.

Si eſpongono i riſultati de' calcoli, che gl' Ingegneri hanno praticato per la determinazione della groſſezza delle mura, che ſoſtener debbono lo ſforzo delle terre de' ripari, e di ogni altro terrapieno.

11. BElidoro dopo aver eſpoſto nel Lib. I. della Scienza degl' Ingegneri l' intera Teorica ſullo sforzo delle terre, e ſulla maniera di determinare le dimenſioni da darſi ai riveſtimenti de' terrapieni, e de' ripari delle fortezze non meno, che de' controforti; e dopo aver avvertito alcune coſe ſulla tavola del Mareſciallo Vauban riguardante lo ſteſſo oggetto, ſiccome è ſtato detto nell' antecedente Articolo; nel Capitolo X. del Libro III. dell' iſteſſa Opera, rapporta due tavole, calcolate ſulla ſuppoſizione, che le groſſezze delle baſi delle ſcarpe variino da un quinto fino ad un decimo dell' altezza de' riveſtimenti. Ho ſtimato d' inſerire quì appreſſo le tavole medeſime, per non tralaſciare tutto ciò ch'è ſtato calcolato

lato ſul preſente oggetto dall' Autore; tanto più che le credo molto utili a diviſare lo ſviluppo dello ſpirito umano ſull' aſſunto de' riveſtimenti.

Ta

100. *piedi*, *relativamente alle differenti groſſezze roforti*, *che diſtano fra ſe* 18. *piedi*.

za po ne	Groſſezza ſuperiore, poſta la groſſezza della baſe della ſcarpa undecimo dell' altezza			Groſſezza della baſe, poſti li dati medeſimi			Lunghezza de'controforti	Groſſezza de'controforti alla radice		Groſſezza de'controforti alla coda		Altezza de'riveſtimenti
n.	P.	pol.	lin.	P.	pol.	lin.	Piedi	P.	pol.	P.	pol.	Piedi
1	4	4	3	5	4	0	4	3	0	2	0	10
1	5	3	1	6	9	1	5	3	6	2	4	15
7	6	6	5	8	6	5	6	4	0	2	8	20
1	7	4	8	9	10	8	7	4	6	3	0	25
9	8	0	6	11	0	6	8	5	0	3	4	30
8	8	9	4	12	3	4	9	5	6	3	8	35
2	9	4	8	13	4	8	10	6	0	4	0	40
3	9	11	3	14	5	9	11	6	6	4	4	45
7	10	6	3	15	6	3	12	7	0	4	8	50
0	11	0	3	16	6	3	13	7	6	5	0	55
9	11	6	1	17	6	1	14	8	0	5	4	60
5	12	1	2	18	7	2	15	8	6	5	8	65
	12	5	2	19	5	2	16	9	0	6	0	70
	12	8	8	20	2	8	17	9	6	6	4	75
	13	0	9	21	0	9	18	10	0	6	8	80
	13	4	11	21	10	11	19	10	6	7	0	85
	13	7	9	22	7	9	20	11	0	7	4	90
	13	9	7	23	3	7	21	11	6	7	8	95
	14	0	6	24	0	6	22	12	0	8	0	100

BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE NAPOLI

i, come ſono quelli delle controſcarpe, e delle
che ſi voglian dare ai riveſtimenti
iedi.

ſezza ſu-ore, po a groſ. za della ſe della ba un de- dell'al- a	Groſsezza alla baſe, poſti i dati medeſimi			Lunghezza de' controforti	Groſſezza de' controforti alla radice		Groſſezza de' controforti alla coda		Altezza de' riveſtimenti
ol. lin.	P.	pol.	lin.	Piedi	P.	pol.	P.	pol.	Piedi
1 4	3	1	4	4	3	0	2	0	10
1 8	4	7	8	5	3	6	2	4	15
1 8	6	0	8	6	4	0	2	8	20
1 7	7	5	7	7	4	6	3	0	25
0 7	8	10	7	8	5	0	3	4	30
8 8	10	1	6	9	5	6	3	8	35
5 3	11	5	3	10	6	0	4	0	40
1 11	12	7	11	11	6	6	4	4	45
9 6	13	9	6	12	7	0	4	8	50
5 2	14	11	2	13	7	6	5	0	55
0 4	16	0	4	14	8	0	5	4	60
6 5	17	0	5	15	8	6	5	8	65
0 4	17	11	4	16	9	0	6	0	70
6 0	18	11	11	17	9	6	6	8	75
1 4	19	10	0	18	10	0	6	8	80
4 0	20	5	0	19	10	6	7	0	85
7 6	21	4	6	20	11	0	7	4	90
0 2	22	0	2	21	11	6	7	8	95
0 9	22	8	9	22	12	0	8	0	100

NAPOLI

12. La prima tavola è diretta a regolare la groſſezza, che dar ſi deve alla parte ſuperiore, ed alla baſe de' riveſtimenti de' ripari di fortificazione, che ſono dell' altezza di 10 fino a 100. piedi, relativamente alle differenti groſſezze delle baſi delle ſcarpe, che ſi vogliano a' medeſimi dare; unendovi le dimenſioni de' loro controforti poſti in diſtanza l'uno dall' altro di piedi 18.

13. La II. tavola è formata per regolare la groſſezza, che dar ſi deve alla parte ſuperiore, ed alla baſe de' riveſtimenti, che non ſoſtengono de' parapetti; come ſono quelli de' ſemplici terrapieni, delle controſcarpe, e delle gole delle opere di fortificazione, che hanno l' altezza di 10. fino a 100. piedi, relativamente alle differenti groſſezze che dar ſi vogliano alle baſi delle ſcarpe de' riveſtimenti medeſimi; unendovi le dimenſioni de' controforti poſti in diſtanza l'uno dall' altro di piedi 18.

14. Si noti che nella determinazione delle ſuddiviſate tavole; per proporzionare le reſiſtenze, o ſiano i riveſtimenti allo ſforzo delle terre, ſi ſono ſempre conſiderate dall' Autore

le

le potenze equivalenti allo sforzo medesimo maggiori di un sesto di quelle che risultavano col calcolo. In simil guisa i rivestimenti sono al di sopra dello stato di equilibrio; e si può, secondo egli opina, far uso delle dimensioni delle tavole con sicurezza. Inoltre si avverta che in istabilire i calcoli delle stesse dimensioni, si sono supposte le basi delle scarpe, ed i controforti della precisa misura segnata nelle tavole, malgrado, che nelle circostanze, che i terrapieni non debbano sostenere de' parapetti, si pratichi di costruire i controforti un piede, o un piede e mezzo meno alti.

15. Finalmente in far uso delle tavole suddivisate, si noti; che siccome non si trovano in esse tutte le altezze de' rivestimenti da 10. fino a 100. piedi, poichè procedono da cinque in cinque piedi, e non già secondo i numeri naturali; così qualora si vogliano le dimensioni de' rivestimenti dell' altezza non contenute nelle tavole; si prendano quelle che corrispondono all' altezze notate, che sono più approssimanti alle date. Così per esempio, se si tratti di un rivestimento dell' altezza di 31., o di 32 piedi, si farà uso delle dimensioni,

che

che corriſpondono ai riveſtimenti di piedi 30. Ed all' oppoſto, ſe il dato riveſtimento ſia alto piedi 33, o 34, s' impiegheranno le dimenſioni del riveſtimento di piedi 35, che eſiſte nelle tavole.

16. Il Signor Couplet nelle Memorie dell' Accademia delle Scienze dell' anno 1726 dà un metodo generale per ritrovare la groſſezza che dar ſi deve alle mura de' riveſtimenti di fortificazione, qualunque ſia la groſſezza, che dar ſi voglia alla baſe della ſcarpa; e lo dimoſtra matematicamente. Forma egli il quadrato dell' altezza *bc*, e lo divide per 12.; Fig. 2. forma poi il quadrato della groſſezza *cf* della baſe della ſcarpa, e lo divide per 3., fa la ſomma di queſti due quozienti, e n' eſtrae la radice quadrata; da queſta radice ne toglie *cf*; e col reſiduo ottiene la groſſezza DC, o ſia *gb* del riveſtimento.

17. Per dare un eſempio pratico dell'eſpreſſato metodo; ſia l' altezza *bc* di piedi 18, e la groſſezza *cf* nella baſe della ſcarpa di piedi 3. Si divida il quadrato di 18, ch' è 324, per 12, e ſi avrà per quoziente 37. Si divida il quadrato della groſſezza della baſe, ch'è

9., per 3. Il quoziente 3 ſi uniſca col quoziente 27, e ſi avrà 30 per ſomma. Se n' eſtragga la radice quadrata proſſima, e ſarà queſta di piedi 5, pol. 5., e lin. *9.*; tolgaſi dalla ſteſſa la groſſezza 3 della baſe della ſcarpa; ed il reſiduo, ch'è di piedi 2., pol. 3, e lin. *9*, ſarà la groſſezza *dc*, o ſia *bg* del riveſtimento.

18. Nell' Enciclopedia metodica pubblicata in Parigi nell' anno 1785, e riſtampata in Padova nell' anno 1795, ſotto l' Articolo fortificazione, in cui ſi eſpone il Metodo di Vauban migliorato dal celebre de Cormontagne, ſi ritrova dato il ſeguente metodo generale per ritrovare la groſſezza delle mura de' riveſtimenti, che debbono ſoſtenere lo sforzo delle terre, ſuppoſta qualunque la groſſezza delle baſi delle ſcarpe, e l' altezza de' riveſtimenti medeſimi. Rappreſenti *bc* l' altezza del muro, e *cf* la groſſezza della baſe della ſcarpa. Si trovi la ſuperficie quadrata del triangolo *bcf*. S' intenda poi formato il triangolo *abc*, il di cui lato *ab* ſia uguale a *bc*. Si determini di queſto triangolo la ſuperficie quadrata, della quale ſe ne prenda la metà. Da una sì fatta metà ſe ne tolga la decima parte, e

Fig. 2.

dal

dal reſiduo ſe ne tolga la ſuperficie quadrata del triangolo *bcf* ; ſe ſi divida la quantità, che rimane per l'altezza *bc* del muro ; il quoziente dà la groſſezza *bg* del muro medeſimo.

19. Per dare un eſempio dell'eſpoſto metodo ; ſia l' altezza *bc* di piedi 24 ; e la groſſezza della baſe della ſcarpa di piedi 4, o ſia la ſeſta parte dell'altezza. Si moltiplichi l'altezza 24 del triangolo per 2, metà della ſua baſe *cf*, e ſi avrà 48, ſuperficie quadrata del medeſimo. Eſſendo *ab* uguale a *bc* ; ſe ſi moltiplichi *bc*, ch'è uguale a 24, per la metà di *ba*, ch'è 12 ; ſi avrà 288, ſuperficie quadrata del triangolo *abc*. Si tolga dalla metà di queſta grandezza, ch'è di piedi quadrati 144, la decima parte, ch'è 14, traſcurando il reſiduo 4, ſi avrà per reſiduo 130. Da queſto ſi tolga 48 ſuperficie del primo triangolo, rimarrà la ſuperficie quadrata di piedi 82 ; la quale diviſa per l' altezza *bc*, ch' è uguale a 24 ; ſi avrà per quoziente 3 piedi, e pol. 5 lineari, ch' eſprime la groſſezza richieſta del muro.

20. Da queſto metodo generale, nè riſulta (dice l' Autore) una groſſezza di muro, ch'è in equilibrio collo ſforzo delle terre, che de-

ve ſoſtenere. Se poi vi ſi uniſcano i controforti ſecondo il metodo di Vauban, ſi avrà una reſiſtenza maggiore dello sforzo delle terre di un ſeſto; lo che ſarà utile ne' ripari delle opere di fortificazione, che poſſono eſſer battute in breccia. E qualora ſi voglia render queſta più difficile, ſi facciano i controforti ſecondo le avvertenze del Belidoro, notate (n. 8.); o pure di baſe tale, che ſia la loro coda uguale alla radice; o infine di minor groſſezza, ma più lunghi, o ſiano più eſteſi nell' interno de' ripari. Se poi non ſi vogliano impiegare de' controforti, ſtima ſufficiente, che ſi augumenti la groſſezza del muro di una ſeſta parte; lo che ſarà utile, qualora il muro non è eſpoſto ad eſſer berſagliato dal cannone, come avviene nelle controſcarpe, e nelle gole delle opere di fortificazione.

21. Col ſuddiviſato metodo, ſupponendo la groſſezza della baſe della ſcarpa la ſeſta parte dell' altezza del muro, ſi trovano calcolate due tavole, che ſtimo utile di quì rapportare, poichè ſi coſtuma ora generalmente di dare l' eſpreſſata groſſezza alla baſe della ſcarpa de' riveſtimenti de' ripari.

Ta-

Tavola delle groſſezze nella parte ſuperiore de' riveſtimenti de' ripari, che ſono forniti di parapetti; che ſono alti da 9 fino a 60 piedi; che hanno nelle baſi delle ſcarpe la groſſezza di un ſeſto dell' altezza; ed i controforti tra ſe diſtanti da 15 a 15, o da 18 a 18 piedi.

Altezza de' riveſtimenti	Groſſezza ſuperiore		Lunghezza de' controforti		Groſſezza de' contr. alla radice		Groſſezza de' contr. alla coda	
Piedi	P.	Pol.	P.	Pol.	P.	Pol.	P.	Pol.
9	1	3	4	0	2	6	1	8
12	1	9	4	6	3	0	2	0
15	1	11	5	0	3	6	2	4
18	2	8	5	6	3	9	2	6
21	3	0	6	0	4	0	2	8
24	3	5	7	0	4	6	3	0
27	3	7	7	6	4	9	3	2
30	4	3	8	0	5	0	3	4
33	,,	,,	8	6	5	3	3	6
36	5	0	9	0	5	6	3	8
39	,,	,,	10	0	6	0	4	0
42	,,	,,	10	6	6	3	4	0
45	,,	,,	11	0	6	6	4	4
48	,,	,,	11	6	6	9	4	6
51	,,	,,	12	0	7	0	4	8
54	,,	,,	13	0	7	6	5	0
57	,,	,,	13	6	7	9	5	2
60	,,	,,	14	0	8	0	5	4

Tavola delle groſſezze nella parte ſuperiore, de' riveſtimenti delle controſcarpe, e delle gole delle Opere di fortificazione, ſforniti di controforti, e che han le baſi delle ſcarpe un ſeſto dell' altezza, da piedi 9. fino a 30.

Altezza de' riveſtimenti	Groſſezza ſuperiore	
Piedi	P.	Pol.
9	1	5
12	2	0
15	2	3
18	3	1
21	3	6
24	4	0
27	4	2
30	4	11

22. Si rapporta dal Belidoro nel V. Capitolo del I. Libro della Scienza degl' Ingegneri, che il Sig. *Delorme* nella direzione, ch'ebbe della demolizione di più piazze del Duca di Savoja, e con ispecialità di Pigneroli, di Vercelli, d' Ivrea, e di Verua, osservò, che i controforti de' rivestimenti delle medesime, erano ligati insieme con archi, che si elevavano fino all' altezza del cordone; e che su' medesimi, e su de' controforti si posava la maggior parte delle terre de' parapetti; che dopo sì fatte osservazioni, immaginò, che sarebbe stato vantaggioso, per rendere i rivestimenti più resistenti all' urto delle terre, ed all' effetto del cannone, e più difficile l' esecuzione della breccia, di costruire degli archi, o sia delle volte su tutta la lunghezza de' controforti; diminuendo la grossezza de' rivestimenti. Intendeva egli di costruire le volte a pieno centro, dando alle medesime sotto la chiave l' altezza uguale a' due terzi di quella de' ripari.

23. Il suddivisato metodo apporta i seguenti vantaggi; I. si potrebbero minorare le basi delle scarpe de' rivestimenti, e perciò sarebbe-

ro le mura meno esposte alle ingiurie delle stagioni. II. L' urto delle terre, si dividerebbe in urti parziali, e se ne minorerebbero gli effetti. III. L' inimico andrebbe ad incontrare ostacoli considerevoli nella formazione della breccia, poichè dopo che avrà egli rovinato il rivestimento, sarà obbligato a distruggere i controforti, e le volte, giacchè senza tale distruzione non potrà prodursi il rovesciamento delle terre, e quindi la formazione della breccia.

24. Un metodo sì fatto si trova generalmente praticato per sostenere l' urto delle terre, ne' terrapieni de' giardini (*). E' stato inoltre con qualche modificazione praticato nella celebre Fortezza di *Theresienstadt* nella Boemia; in cui i controforti costruiti furono della stessa grossezza alla coda, che alla radice; furono prolungati più del regolare nell' interno de' ripari; si avvicinarono fra se molto più de' piedi 18.; vi si costruirono sopra delle resistenti volte a pieno centro; e ne fu-

(*) Molti terrapieni della strada di Sora, di cui fui soprintendente, furono assicurati con rivestimenti sì fatti.

furono regolate le altezze a proporzione delle qualità delle terre (*).

25. Da molti Ingegneri ſi pratica di coſtruire l' interna parte delle mura de' riveſtimenti a denti, o ſia a riſeghe, cominciando queſte dal piano orizzontale fuori delle fondamenta. Formano sì fatte riſeghe diſtanti fra ſe da ſei fino ad otto piedi; e larghe di un piede ad un di preſſo. Con queſto metodo ſi riſparmia della fabbrica; e ſi rendono le mura più ſtabili, e più reſiſtenti, poichè premendo le terre verticalmente ſulle riſeghe, ſi accreſce la forza reſiſtente delle mura medeſime, in ragione, che ſi aumenta la ſuddiviſata forza premente (**).

AR-

(*) Tutto ciò fu da me oſſervato nella ſuddiviſata fortezza di Thereſienſtadt, nell'anno 1781.

(**) Queſto metodo ſi pratica dagl'Ingegneri de' ponti, e ſtrade di Francia. Fu infatti impiegato nel muro di cinta, che ſoſtiene l' urto delle terre nel bacile della Rochelle, nel qual muro la groſſezza della baſe della ſcarpa è un ſeſto dell' altezza.

Il Signor de Lambelardie Iſpettore de' Ponti e Strade praticò lo ſteſſo metodo nel 1788 nella coſtruzione del muro di cinta, che ſoſtiene la preſſione delle terre, e dell' acqua del nuovo bacile d' Haure de Grace, lungo teſe 280, e largo 50.

I ſuddiviſati fatti mi vengono aſſicurati dall' intelligente noſtro Maggiore Idraulico D. Franceſco de Vito Piſcicelli, il quale nell' indicata epoca ſi ritrovava in Francia.

ARTICOLO III.

Si eſpone la teoria, colla quale ottener ſi può il vero calcolo delle dimenſioni da darſi ai riveſtimenti.

26. LE tavole rapportate negli Articoli antecedenti ſulle dimenſioni da darſi ai riveſtimenti de' ripari delle fortezze, e di qualunque altro terrapieno, onde reſiſter poſſano all' urto delle terre, ſono ſtate calcolate ſulla ſuppoſizione, che le terre medeſime rovinando naturalmente da' ripari, e da' terrapieni, ſieno da conſiderarſi come corpi, che liberamente ſcendono per piani inclinati. Or queſta ſuppoſizione non eſiſte in natura; poichè la qualità diverſa delle terre cadenti, ne fa variare la quantità, e quindi variano altresì le inclinazioni de' piani inclinati; ed i corpi che per eſſi cadono, variano nel volume, e nella denſità, o ſia nel peſo. Inoltre lo ſtropicciamento delle ſteſſe terre cadenti con quelle che rimangono, altera le leggi del moto della diſceſa libera

de'

de' corpi per piani inclinati, ſecondo che varia la qualità delle terre medeſime. Quindi per procedere ne' calcoli ſuddiviſati colla maſſima approſſimazione, ſarà ſempre miglior conſiglio ſtabilire una Teoria, con ricorrere all' eſperienze, in cui aver ſi poſſono ſaldi, e veri fondamenti per inveſtigare le leggi della Natura; con determinar indi per mezzo delle Matematiche le convenienti formule; e con farne infine l' applicazione nella pratica eſecuzione de' caſi particolari, che potranno occorrere (*).

27. Or per iſtabilire una teoria sì fatta, ſi ſa per eſperienza, che ſe dietro ad un muro, o a qualunque altro oſtacolo ſi trovi una quantità illimitata di terra, tolto il muro, o l' oſtacolo, che la ſoſtiene, una porzione

ſe

(*) Merita di eſſer letta, e meditata la teoria, e la formula, che il Celebre Signor Prony Ingegnere de' Ponti, e Strade della Francia, ſtabiliſce per calcolare l' urto delle terre, nella ſua Opera intitolata *Nouvelle Architecture Hydraulique, Premiere Partie, Section III. de l' Hydroſtatique*; e ſi noti che nell' Articolo 612. fa menzione dell' eſperienze fatte ſu queſto aſſunto dal Signor Gauthey, colla gramaglia di ferro, i di cui granelli ſtropicciandoſi ſcambievolmente, non aveano tra ſe alcuna coerenza. La di lui memoria ſi ritrova fra quelle dell' Accademia di Dijon dell' anno 1784.

ſe ne diſtacca , e rovina ; e la linea di ſeparazione conſiderata in un profilo aver ſi può ſenſibilmente come retta . L' angolo che queſta linea forma colla verticale , che rappreſenta l' altezza del muro , o dell' oſtacolo , varia per ciaſcuna ſpecie di terra ; come varia per conſeguenza quello che forma col piano orizzontale . L' angolo ſuddetto è nullo nel ſaſſo duro , ed in una terra vergine che è molto dura , e conſiſtente , poichè l' altezza dell' oſtacolo ſi combacia colla linea di ſeparazione . Si rende ſenſibile ſubito che le terre hanno minor coeſione ; ſi augumenta a miſura che le parti della terra hanno minor tenacità , più diviſibiltà , e meno di coeſione , e ſtropicciamento ; e la fluidità è il limite di queſto augumento : nel qual caſo la linea di ſeparazione combacerà coll' orizzontale , e l'angolo che forma coll' altezza verticale ſarà di gradi 90.

28. Poſti per indubitati sì fatti eſperimentali principj , ſi deve eſaminare I. con quale urto le terre ſpingano le muraglie ; II. qual reſiſtenza oppongano queſte al detto urto . L' urto , o ſia preſſione delle terre , è varia-

riabile, ſecondo che ne varia la qualità. Sia in fatti ABCE il profilo di un riparo formato con materie ſmoſſe, e BCKO della muraglia del riveſtimento colla parte interna BC perpendicolare, ed AB ſi ſupponga orizzontale; ſe il terreno è molto ſabbioſo, o arenoſo, ſupponendo che per l'eſperienze, ſia l'angolo ECA di gradi 32; le terre ritenute nel triangolo ACE premeranno il ſuolo EC, e le altre nel triangolo ACB urteranno il riveſtimento cadendo: ſe poi le terre ſieno craſſe, e tenaci, e ſieno ben compreſſe, e peſte; ſe ſi abbia l'angolo ECQ di gradi 65, le ſole terre eſpreſſe dal triangolo QCB premeranno col cadere il riveſtimento. Sicchè ne' due ſuddetti caſi, ſuppoſta la medeſima groſſezza ne' ripari, e la ſteſſa gravità ſpecifica nelle terre, ſarà la quantità urtante delle arenoſe a quella delle craſſe, come il triangolo ABC al triangolo QBC, o come AB: QB. Ed eſſendo di gravità ſpecifica diverſa, ſarà la prima quantità alla ſeconda in ragion compoſta di AB: QB, e della denſità di materia di una, alla denſità di materia dell'altra. Fig. 3.

29. Quindi ne ſiegue, I. Che ſe ſi abbia

un

un riparo di una groſſezza dinotata dall' unità, e dell' iſteſſa ſpeſſezza, e ne ſia il profilo
Fig. 4. ABCE, in cui AC eſprima la pendenza delle terre, e BC un infleſſibile oſtacolo, ſe ſi tirino ad AC le parallele DP, FG, ſi avranno de' priſmi, i quali eſſendo di un' iſteſſa altezza, ſaranno in quanto alle ſolidità, come le baſi BFG, BDP, BAC, o come i quadrati de' lati omologhi BG, BP, BC; onde le loro preſſioni come proporzionali a dette ſolidità, ſaranno nella ſteſſa duplicata ragione.

II. Che ſe con materie della ſteſſa qualità ſi
Fig. 4. e 2. formino due ripari de' quali ne ſieno i profili ABCE, *abce*, ſaranno le preſſioni delle terre, contro gli oſtacoli BC, *bc* come i triangoli ABC, *abc*, ovvero nella ragion duplicata di BC: *bc*; ed i momenti delle medeſime eſſer debbono, come i prodotti che ſi hanno, moltiplicando i quadrati di BC, *bc*, per le altezze iſteſſe BC, *bc*, che ſono le diſtanze degli eſtremi B, *b* da' punti di appoggio C, *c*, vale a dire nella ragion triplicata di BC: *bc*.

30. Se dunque da' punti G, P, C ſi elevino ſu BC le perpendicolari GH, PI, CK, e ſi facciano come i quadrati delle corriſponden-

ti

ti aſciſſe, le medeſime eſprimeranno i diverſi gradi di preſſione, che le terre del riparo eſercitano ſulle parti BG, BP, BC. Quindi i riveſtimenti, più larghi ſi debbono formare verſo le baſi, che nelle ſommità; e ſe pe' punti H, I, K ſi farà paſſare una linea BHIK colla conveſſità verſo la BC, ſi avrà l' intera figura del profilo del riveſtimento. Se poi ſia ſu 'l riparo un altro argine come il parapetto M, ſe ſi tirino alla retta AC, eſprimente la pendenza delle terre, delle parallele, ſaranno le preſſioni proporzionali alle figure, che ne riſultano; onde elevando le ordinate proporzionali a dette figure, ſe ſi faccia per gli eſtremi paſſare una curva, ſi avrà anche la figura del profilo del riveſtimento BCKO; e ſe ſi prolunghi l'orizzontale BO verſo L, finchè incontri la perpendicolare KL, e ſi prenda LR uguale ad un quinto di LK, tirandoſi RK, le dette ordinate ſaranno compreſe tutte nel trapezio BCKR, nella ſuppoſizione che la larghezza della baſe della ſcarpa di detto riveſtimento, ſia la quinta parte della ſua altezza; ſe poi detta larghezza ſi faccia uguale alla ſeſta parte, prendendo LR uguale ad un ſeſto

Fig. 4.

di

di LK, ſe ſi tiri RK, le ordinate eſprimenti la ſcala delle preſſioni, ſaranno compreſe nel trapezio, che ne riſulta.

31. Non potendoſi le terre, che naturalmente rovinano da' ripari, conſiderar come corpi, che liberamente ſcendano per piani inclinati, a cagione dello ſtropicciamento molto ſenſibile, che eſercitano colle altre, le quali rimangono (n. 26.); calcolar quindi non ſi poſſono le preſſioni, colle quali urtano i riveſtimenti colle leggi dimoſtrate in Meccanica circa la diſceſa libera de' corpi per piani inclinati: che però per determinare le dette preſſioni in peſi, fa meſtieri ricorrere all' eſperienze; onde tra le molte maniere d' iſtituirle, per modo di eſempio, ſi dà la ſeguente. Si
Fig. 5. prenda un recipiente di figura parallelepipeda BCDEO aperto al di ſopra, ed alle due parti BD, ER, come avviene ne' ripari; ſi faccia il lato AD di 8 in 10 piedi, e la larghezza DE di 20 in 30; ſi adatti dalla parte DB un tavolato in modo, che giri intorno a' due perni D, e C, perchè ſi poſſa chiudere, ed aprire il ſuddetto recipiente; ſi fiſſi in N una corda NMP, la quale ſi faccia paſſare per la

gi-

girella fiſſa Q, e penda dal ſuo eſtremo il peſo P; chiuſo il detto recipiente in modo, che il tavolato ſia nella poſizione verticale, ch' è quella che ſi dà al riveſtimento dalla parte interna, ſi empia di quella terra, di cui ſi deve formare il riparo, comprimendola ſino a quel ſegno, che ſi può nella effettiva coſtruzione eſeguire; e ſoſtenga il peſo P il tavolato contro lo sforzo delle terre. Ciò fatto, ſi diminuiſca poco per volta il peſo P, finchè ſi oſſervi inſenſibilmente ſtaccare il tavolato dal recipiente. Si levi indi il tavolato, e ſi determini la quantità di terra che anderà a rovinare, e che dallo ſteſſo era ritenuta.

32. Fatta con eſattezza tale eſperienza; ſi avrà col detto peſo diminuito, la quantità della preſſione rapportata all' eſtremo N della leva NS in una direzione, che l' è perpendicolare; e collo ſteſſo peſo P moltiplicato per NS, ſi avrà il momento di detta preſſione riſpetto al punto S, o ſia nell' incontro del ſuolo. Se quindi voglia determinarſi la preſſione di un riparo da coſtruirſi coll' iſteſſe terre, ed il cui profilo ſia ABCD, ſe il peſo diminuito ſi chiami *p*, NS *a*, e BC nel profilo *A*, Fg. 6.

per le cose dette (n. 29), sarà $a^2 : \mathcal{A}^2 = p$ ad un quarto proporzionale, o sia $\frac{p\mathcal{A}^2}{a^2}$; onde la pressione rapportata al punto B, sarà espressa da detto quarto proporzionale: e 'l momento della detta pressione riguardo al punto C, sarà $\frac{p\mathcal{A}^2 + \mathcal{A}}{a^2}$.

Se su 'l riparo vi sia il parapetto M, si faccia
Fig. 6. il parallogrammo ABEF uguale alla superficie del profilo di detto parapetto, e chiamando EC $\mathcal{A}$, si avrà anche $p\frac{\mathcal{A}^2}{a^2}$ pe 'l peso esprimente la pressione, e per averne il momento, si moltiplicherà detta quantità per la sola altezza BC del muro, la quale se si chiami b, sarà espresso da $\frac{p\mathcal{A}^2 + b}{a^2}$.

33. Inoltre se effettivamente si determini il peso di tutte le materie cadute, resterà anche determinata la parte del medesimo, che ne contiene p applicata come potenza all'estremo N della leva. Quindi se con esperienze si stabilisca il valore suddetto nelle terre diverse; e si supponga, che in quelle, che prendono la pen-

pendenza di gradi 30 in 32, ſia uguale ad $\frac{1}{6}$ del peſo di quelle che rovinano; in quelle che inclinano per gradi 40, ad $\frac{1}{5}$; e nell' altre che inclinano per gradi 60 in 65, ad $\frac{1}{4}$: ſe ſi chiami *M* il detto valore, ed il peſo di un piede cubo di quella terra, con cui ſi vuole il riparo formare *d*, e ſia 1 la ſua ſpeſſezza, e b^2 la ſuperficie del triangolo ABC; la ſolidità ſarà $1+b^2$; onde il peſo ſarà b^2d, la preſſione rapportata al punto B ſarà Mb^2d; e chiamando *a* l' altezza BC del muro, ſarà Mab^2d il momento di detta preſſione. Che però ſi è ritrovata una formula, la quale può ſervire di norma per determinare in peſo la preſſione delle terre ne' ripari, ed il ſuo momento, ſempre che ſia noto il valore di *M* nelle principali qualità di terre; il valore di *d*; e l' angolo che coll'orizontale forma la pendenza AC.

34. Ma ſe la parte CDOR del riparo ſia di terra vergine, e non ſmoſſa, come per lo più accade nella coſtruzione delle Piazze di guerra; tirando dal punto R la RA coll' inclinazione alla qualità della terra conveniente, ſarà ARB uguale al triangolo eſpreſſo per b^2, reſtando *A* uguale all' intera altezza BC del Fig. 7.

muro. Se dunque ſia il profilo di un riparo col parapetto, con terreno ſaldo in tutta la parte ORCD, e ſi voglia ritrovare la preſſione riſpetto al punto B; ſi tiri AB con quella inclinazione, che alle terre conviene, ſi prolunghi C B in S, e ſi trasformi la parte B S M del profilo del parapetto nel parallelogrammo BEFA; poichè la parte del parapetto eſpreſſa da BSNP gravitando ſu 'l muro, non accreſce la preſſione delle terre, anzi rende il muro più reſiſtente contro la medeſima. Si ſupponga per eſempio, la pendenza delle terre di gradi 45 coll' orizzontale R O, ſarà ER = EF; e $M = \frac{2}{5}$; e poſta ER = 20 piedi; BC, o ſia $a = 30$; e $d = 600$ libre; ſi avrà la preſſione delle terre rapportata al punto B, $M\ b^2\ d = \frac{2}{5} \times 20 \times \frac{20}{2} \times 600 =$ 24000 libre: e pe 'l momento di preſſione nel punto C radente il ſuolo CQ, ſi avrà $a\ M\ b^2\ d = 30 \times 24000 = 720000$ libre.

35. Calcolato nel modo di ſopra eſpoſto l'urto delle terre, reſta ad eſaminare, come ſi poſſa proporzionare una muraglia atta a reſiſtere al medeſimo. La tenacità, o ſia l' adeſione delle parti componenti un muro, ed il

peſo

peſo di eſſe, formano del muro iſteſſo la reſiſtenza. La tenacità varia, non ſolo per la diverſa qualità delle pietre, o ſieno naturali, o ſieno fattizie, dell'arena, e della calcina, di cui ſi compongono, ma ben anche pe' diverſi climi ne' quali ſi fabbrica. Quindi colla ſola eſperienza ſi può di dette coſe venire in cognizione, e non altrimenti ſe ne può determinare il peſo; colle leggi poi meccaniche ſi può determinare il momento della reſiſtenza. L' eſperienze, che poſſono condurre a determinare l' adeſione delle muraglie, ſi riducono a formare de' parallelepipedi di fabbrica di uguale groſſezza, colla calcina, pietre, ed arena, che ſi può avere la migliore nel paeſe, in cui ſi deve fabbricare, e colla proporzione conoſciuta per eſperienza anche la più vantaggioſa. Indi dopo di un dato tempo, eſſendo bene aſciutti, ſenza che ſieno ſtati eſpoſti di ſoverchio ai gran venti, ai freddi, ed agli ardenti raggi ſolari, ſi carichino con peſi in pari circoſtanze, finchè ſi ſpezzino; notandoſi per ciaſcun parallelepipedo, sì il peſo, che lo ſpezza, come la ſezione della rottura, non mettendo a calcolo quegli ſperimenti, ne' qua-

li la ſezione incontri de' vani, e de' voti. Ciò fatto, ſi chiami S la ſomma di tutte le ſezioni, e P la ſomma de' peſi; ſarà la tenacità eſpreſſa in peſo, diſegnata da $\frac{P}{S}$.

36. Si rifletta inoltre, che ſe ſi abbia il muro BCQP fermo e ſtabile nelle fondamenta, e ſia ſpinto da B verſo P per una direzione parallela, od obliqua all' orizzonte, perchè ſi roveſci, ſi dovrà il muro diſgiungere prima dal ſuolo CQ, vale a dire, che ſi dovrà vincere la ſua adeſione per l' intera lunghezza CQ, ed indi girare intorno al punto Q, affinchè il ſuo centro di gravità, ſuppoſto che ſia K, s'innalzi, e deſcriva col raggio QK l' arco KR; poichè così, cadendo la linea centrale fuori della baſe, andrà il muro a cadere, e non altrimenti. Che però, ſe ſi debba formare una muraglia di una reſiſtenza proporzionata allo ſforzo delle terre di un riparo, ſiccome queſto ſi è rapportato al punto B, e nella direzione orizzontale BP, e la lunghezza della leva, con cui agiſce è la linea a piombo LQ o ſia BC, che indica l' altezza del muro; la controleva pe 'l momento del peſo del muro

Fig. 8.

ſarà

ſarà QV, che viene determinata dalla perpendicolare KV abbaſſata dal centro di gravità K; e l'altra leva pe'l momento di adeſione, ſarà la retta tirata dal punto Q di appoggio al centro della ſezione di rottura; onde nel preſente caſo, per l'infleſſibilità del muro, ſi potrà prendere la ſteſſa QV.

37. Se dunque il rettangolo BCQL ſia il profilo del muro del riveſtimento, di cui K ſia il centro di gravità, e KV la perpendicolare abbaſſata ſulla direzione del ſuolo: fatta $BC = a$, $CQ = X$, ſarà $QV = \frac{X}{2}$, o ſia la controleva pe'l momento di reſiſtenza naſcente dal peſo delle materie; e per la reſiſtenza che deriva dalla tenacità, o ſia adeſione delle medeſime, ſarà anche la ſteſſa. Se ſia D il peſo di un piede cubo di muraglia determinato effettivamente, e T la tenacità eſpreſſa in peſo riguardo alla ſuperficie di un piede quadrato, ſuppoſta la ſpeſſezza del muro $= 1$, ſarà $aX \times D \times \frac{X}{2}$ il momento dipendente dal peſo, e $X\ T \times \frac{X}{2}$ il momento di adeſio-

ne : quindi nello ſtato di equilibrio , ſi avrà $\frac{a\,D\,X^2 + T\,X^2}{2}$, ch' è la totale reſiſtenza del muro verſo il ſuolo CQ , uguale alla preſſione $a\,M\,b\,{}^2d$, che le terre del riparo eſercitano nella ſteſſa parte . Onde ſi ha la formola eſpreſſa nell' equazione ſeguente $a\,M\,b^2\,d = \frac{a\,D\,X^2 + T\,X^2}{2}$, ovvero $2\,ab^2\,M\,d = a\,D\,X^2 + T\,X^2$.

38. Or dalla detta formola ſi rileva , che , non eſſendovi nelle muraglie a ſecco tenacità, T ſia uguale a zero , e ſvaniſca $T\,X^2$ in un membro : ma acciocchè ſuſſiſta l' equazione , ſi deve augumentar lo ſteſſo tanto , quanto è il detto valore ; per la qual coſa creſce la groſſezza del muro , ſecondo che ſi fa minore la tenacità .

39. Inoltre , ſiccome nella ſuddetta equazione la ſola incognita è X, la quale determinata è $= \frac{\sqrt{2\,a\,M\,b^2\,d}}{a\,D + T}$; perciò ſe ſi formi il rettangolo

Fig. 9. BCQL, in cui ſi faccia CQ = X , CB = a , e ſi tolga da BL la decima parte di BC , e ſia LP ; ſe ſi prolunghi CQ in F in modo, che

che QF ſia uguale a PL, tirata la PF, ſi avrà il profilo del riveſtimento, in cui i momenti del peſo, e della tenacità ſono maggiori di quelli determinati; e ciò per maggior ſicurezza, e per andare incontro a' tanti accidenti, che poſſono accreſcere la preſſione de' ripari, e minorar la reſiſtenza delle muraglie. E nel modo ſuddetto la baſe EF della ſcarpa, ſi fa uguale alla quinta parte di BC; poichè eſſendo QF la decima, ſarà il ſuo doppio EF la quinta. Onde ſe ſi ſupponga qualunque caſo particolare, ſi potrà ſempre determinare per approſſimazione il riveſtimento di fabbrica, che reſiſter poſſa all' urto di un dato riparo.

40. Quanto a' controforti, è da notarſi, che i medeſimi ſi aggiungono o per rendere più reſiſtente il muro del riveſtimento, o per addenſare, e rinſerrare ſempre più le terre del riparo, perchè non precipitino facilmente, ſubito che le artiglierie inimiche abbiano rotte le mura. Per conſeguire il primo fine, è neceſſario che abbia la fabbrica molta tenacità, affinchè ſi faccia un corpo ſolo de' riveſtimenti, e de' controforti; ed acciocchè i ripari più difficilmente ſieno ſoggetti a rovinare, debbo-

no

no eſſer le terre, con le quali ſi formano, di qualità tale, che poſſano, comprimendoſi, renderſi più tenaci. Quindi qualora ne' caſi particolari non ſi verifichino queſte condizioni, ovvero avendoſi tenacità nelle muraglie, aver non ſi poſſa nelle terre, non ſarà neceſſario, nè molto vantaggioſo far uſo de' controforti. Se poi vi ſia poca tenacità nella fabbrica, e molta nelle terre, ſaranno utili per rinſerrarle vie più, ma non riſparmieranno niente della groſſezza da darſi a' rive ſtimenti; ſi potranno perciò fare a maggior diſtanza, e più ſottili. Ma ſe avvenga, che molta ſia la tenacità e delle mura, e delle terre, allora ſi rendono vantaggioſi, perchè dalla quantità di fabbrica determinata pe 'l riveſtimento, ſe ne potrà toglier tanta da coſtruirne i controforti, non reſtando ſenſibilmente diminuita nè la reſiſtenza naſcente dal peſo, nè quella della tenacità, venendo qualche perdita compenſata dal minor urto, che eſercitano le terre, qualora ſien divenute più tenaci.

41. Per mettere intanto in pratica quel che
Fig. 10. ſi propone in queſto ultimo caſo: ſia BCFP il profilo di un muro di riveſtimento coſtruito

to ſecondo l' eſpreſſata formola; nè ſia GHAI la pianta; ſi ſtabiliſca arbitrariamente la lunghezza GO tra l' eſtremo di un controforte all' altro, di ciaſcuno de' quali ſia L la lunghezza, e la larghezza N. Indi in ordine a GO, L, ed N ſi trovi il quarto proporzionale; ſi faccia GT uguale al medeſimo, e ſi tiri TE parallela a GI, e reſterà TEAH per baſe del muro del riveſtimento, e RP ſarà la ſua groſſezza nella ſommità del profilo. Quindi ſe ſi faccia il rettangolo TMQS, in cui MT ſia uguale alla lunghezza L, TS uguale alla larghezza N: ſarà il medeſimo uguale alla baſe della parte tolta GONT, e rappreſenterà la baſe di un controforte. E ſe dal punto N alla diſtanza di MT, ſi prenda ſu TE il punto V, e ſuſſeguentemente degli altri ad ugual diſtanza, e ſi formino altri rettangoli perfettamente uguali a TMQS, ſi ſarà convertita la parte della muraglia del riveſtimento, di cui n' è baſe GIET, ne' controforti, de' quali ne ſono le baſi MS, XZ, VW, i quali l' uguagliano in ſolidità, e rinſerrando le terre, anche nelle parti intermedie SN, ZV, ne minorano la preſſione.

CA-

CAPITOLO II.

Delle Opere, e degli Edifizj neceſſarj in una piazza di guerra.

ARTICOLO I.

De' raſtrelli, de' ponti, delle porte, e de' corpi di guardia.

42. IL raſtrello è un uſcio fatto di ſtecconi ſituati in qualche diſtanza l'uno dall'altro. E' colligato a travi ſtabili con gangheri, ſu quali agevolmente ſi gira, per aprire, e chiudere un qualche paſſaggio. Si uſa nelle piazze di guerra all' ingreſſo della ſtrada coperta, de' ponti, ed in altre parti ancora. Se il paſ-
Fig. 11. ſaggio è maggiore di ſei in ſette piedi, ſi divide in due parti; ſe è minore coſtruir ſi può di un ſolo pezzo.

43. Il ponte, pe 'l mezzo del quale dalla ſtrada coperta ſi paſſa al rivellino, o da queſto alla piazza, è in parte ſtabile, ed in parte mobile. La parte ſtabile può eſſer coſtrui-

ta

ta con volta di fabbrica, e può anche eſſer di legno con cavalletti ſtabiliti ſu pilaſtri di ſoda fabbrica, o su groſſe travi. La parte mobile, che ordinariamente è verſo le porte, deve ſtrettamente connettere colla ſtabile, e su di eſſa deve appoggiare, e vi ſi collega con ſpranghe, e con chiaviſtelli. E' largo il ponte ſecondo che è larga la porta, ove introduce, e ſecondo, che varia il fine, per cui ſi coſtruiſce. Si forma poi un ſeliciato ſul tavolato di eſſo; e ſe ne guerniſcono le ſponde con una ſpecie di balauſtro, acciocchè non vi ſia pericolo in paſſarlo, ſiccome ſi rileva dalle figure, che ne rappreſentano la pianta, ed il profilo. Fig. 12, e 13.

44. L' artifizio, con cui s' innalza, e ſi abbaſſa la parte mobile, non è ſtato ſempre lo ſteſſo. Per più tempo ſi praticò l' altaleno, e ſi uſa anche ne' ponti delle opere eſteriori. Ordinariamente per alzare, ed abbaſſare la detta parte, ſi praticano due catene legate alla teſta di eſſa, le quali paſſano per alcuni forami fatti ne' muri laterali della porta, e ſi fanno ſcorrere su due girelle ſtabili di bronzo. Pendono dagli altri eſtremi di dette catene due pesi,

peſi, che equilibrano in buona parte il peſo della parte del ponte, che ſi deve innalzare, ed abbaſſare, per poter eſeguire queſta operazione con poca forza.

45. Queſta maniera d' innalzare, e di abbaſſare la parte mobile de' ponti, inventata da Buonajuto Lorini, è ſtata poi perfezionata dal Belidoro (1). Fa egli paſſare le catene su due girelle di bronzo poſte dalla parte interna della porta, all' altezza di 9. piedi in circa. Agli eſtremi di eſſe attacca due cilindri di ferro, o di altro metallo, ben levigati, del peſo atto ad equilibrare la parte mobile del ponte. Fa indi ſcorrere i detti cilindri per canali incavati in pietra dura, riveſtiti di lamine di ferro ben levigate, tirate da due uomini. Seguono sì fatti canali la direzione di una curva, ch' egli chiama *ſinoſſoide*, acciocchè ſi renda il moto più uniforme. Infatti n'è tale l'artifizio, che allorchè la detta parte del ponte s' innalza, e conſeguentemente ſi minora il ſuo peſo aſſoluto, ſi va anche minorando il peſo aſſo-

(1) *Science des Ingegneurs* Lib. IV. Cap. V.

aſſoluto de' cilindri; e nell' abbaſſarſi, ſecondo che ſi augumenta il peſo relativo del ponte, ſi accreſce anche quello de' cilindri medeſimi.

46. Le porte delle piazze di guerra ſi ſituano in mezzo delle cortine. Si formano della larghezza di 9 in 10 piedi, e dell' altezza di 12 in 14. Oltre del paſſaggio, che s' incava nel riparo, che diceſi *andito*, prima che ſi pervenga nella piazza, vi è il *veſtibolo*, da una parte del quale ſi coſtruiſce una camera pe 'l corpo di guardia de' ſoldati, e dall' altra una camera più piccola per l' Offiziale, oltre di un' altra che ſerve per la prigione; ſiccome ſi ravviſa nella pianta con più diſtinzione. Rappreſenta AA l' andito; BB il veſtibolo; Fig. 14. C il corpo di guardia de' ſoldati; D la ſtanza per l' Offiziale; e P la prigione. Inoltre X, X rappreſentano le piante di due ſcale di pietra, o di mattone, per le quali dal pian terreno ſi aſcende ſu 'l riparo.

47. La larghezza dell' andito è di 13 in 15 piedi, l' altezza di 16 in 18. Al veſtibolo ſi dà la ſteſſa altezza, ma la larghezza è di piedi 12. Le dimenſioni delle camere de' corpi di guardia poſſono variare, tuttocchè ordina-

ria-

riamente ſi dia a quella de' ſoldati, la larghezza di piedi 18, e la lunghezza di 24; ed all'altra per l' Offiziale, e per la prigione 18 di larghezza, e 10 di lunghezza. La volta ſull' andito e ſu 'l veſtibolo è a pruova di bomba, e ſul corpo di guardia ſi coſtruiſcono delle camere, che hanno le fineſtre verſo la piazza, e ſervono per l' alloggio del Capitano delle chiavi, e dell' Ajutante Maggiore della piazza. Sul principio dell' andito verſo l' ingreſſo della porta, ſi forma nell' interno del riparo una ſpecie di ſtanza, per tenere la ſaracineſca, con apertura tale, che ſi poſſa queſta far calare da alto in baſſo per impedire il paſſaggio dell' andito iſteſſo, allorchè l' uſcio della porta viene attraverſato in modo, da non poterſi ſerrare.

48. La ſaracineſca conſiſte in un telajo di travi del legno il più reſiſtente, ed aguzze negli eſtremi inferiori. Si lega ad una trave con corde, da cui ſi libera, tagliandole, ovvero facendole ſcorrere intorno ad un ſubio. In vece della ſaracineſca, altri fanno uſo di più travi tra loro diſſunite, ma tutte però avvolte per mezzo di corde ad un ſubio, il quale

ſi

ſi poſſa nel biſogno laſciar libero ; acciocchè poſſano anche le dette travi cader tutte liberamente. In sì fatta guiſa viene ad impedirſi il paſſaggio, ancorchè ſi faccia nel mezzo attraverſare un qualche oſtacolo ; lo che ottener non ſi può colla ſaracineſca, poichè eſſendo in queſta le travi, che la formano legate inſieme, una di eſſe, che ſe ne arreſta, s' impediſce la diſceſa a tutte le altre. Dalle figure ſi ravviſa quanto ſi è detto. Fig. 15. e 16.

49. Si noti, che la facciata della porta tanto verſo la foſſata, che verſo l' interno della piazza, ſi forma di ordine Dorico, a cagione, ch'è ſodo, e nobile nel tempo iſteſſo, onde fu dagli Antichi conſagrato ad Ercole.

ARTICOLO II.

Degli alloggi de' Soldati, e degli Offiziali ; comanche degli Spedali.

50. GLi alloggi de' ſoldati eſſer debbono uniti, e non diſperſi, ed a canto a' medeſimi coſtruir ſi debbono anche le abitazioni de-

gli Offiziali, per avere in tal guiſa la truppa più pronta al biſogno, e per mantenere in eſſa la militar diſciplina. Debbono eſſere ſicuri dagl' incendj, e dalle bombe in tempo di aſſedio, acciocchè i ſoldati poſſano tranquillamente riposare ne' giorni, o nel tempo, che ſono franchi di ſervire. Se ſi poteſſero coſtruire nella parte interna de' ripari verſo la piazza, purchè ſi evitaſſe l'umidità, ſarebbero molto vantaggioſi, poichè ſarebbero più cuſtoditi, che altrove. In ogni altro caſo ſi coſtruiranno a qualche diſtanza da' ripari lungo le cortine, e ſi copriranno con volte a reſiſtenza di bomba.

51. Qualora detti alloggiamenti ſervir debbono per la fanteria, ſi ſogliono coſtruire di tre ordini. Le camere del primo ordine ſono alte piedi 12; quelle del ſecondo piedi 10; e quelle del terzo piedi 8. Ogni camera ſi fa lunga piedi 22, e larga 18. La lunghezza di detti alloggiamenti non è determinata, poichè poſſono eſtenderſi lungo l'intera cortina, qualora in eſſa non vi ſia porta; ma ſe vi è, laſciar ſi deve avanti di eſſa uno ſpazio libero di 24 in 30 teſe. Agli eſtremi di sì fatti alloggiamenti ſi uniſcono le abitazioni per gli Offizia-

fiziali, le quali ſono alquanto più larghe, per renderle più comode. Si noti, che ſe ſervir debbano per la Cavalleria, allora vi è biſogno di un edifizio, che racchiuda ſpazio conſiderevole, in mezzo del quale ſi poſſa coſtruire un gran cortile pe 'l comodo de' cavalli; e ſi formeranno le ſtalle al pian terreno, e le ſcuderie, e gli alloggi pe' ſoldati al di ſopra, diſtribuendoli anche in camere, alle quali ſi comunica con un corridojo, evitando di formarvi molte ſcale, per non occupare molto ſpazio.

52. Il numero delle ſuddette abitazioni ſi regola da quello de' ſoldati, che ſon neceſſarj per la difeſa della piazza. Secondo ſtima il Vauban, il detto numero è di 500 ſoldati di fanteria per ciaſcun baſtione, e 200 di cavalleria. Quindi, noto che ſia il numero de' baſtioni, ſarà noto il numero della truppa, ch'è neceſſaria per la difeſa in tempo di aſſedio. Onde alloggiando per ogni camera 12 ſoldati, cioè 8 effettivamente, e 4 che ſi ſuppongono di guardia, ſi avrà il numero delle camere neceſſarie pe' ſoldati; e non altrimenti ancora ſi

potrà determinare il numero delle camere per gli Offiziali. Una sì fatta maniera di determinare le abitazioni neceſſarie in una piazza di guerra, non può eſſer generale, poichè, ſecondo il metodo diverſo, con cui è una piazza coſtruita, e ſecondo le diverſe circoſtanze de' ſiti, può creſcere il numero della truppa, che ne deve eſſere alla difeſa, e viepiù quando le piazze ſon deſtinate per avere delle ſicure ritirate nella guerra offenſiva, o difenſiva.

53. Lo Spedale è un edifizio neceſſario in una piazza, così in tempo di pace, che in tempo di guerra. La ſua ampiezza non ſi può con preciſione determinare, ma ordinariamente conſiderandoſi 4, o 5 ſoldati infermi per ciaſcun centinajo, deve queſta corriſpondere alla maggiore, o minor guarnigione, di cui la piazza è capace. In queſto edifizio, oltre le ſale ordinarie per gl' infermi, vi ſi debbono coſtruire ancora camere ſeparate per infermi, che pel loro grado meritano tal diſtinzione. Vi dev' eſſere una ſpezieria, ed una cucina con altre ſtanze ad eſſe contigue. Vi debbono altresì eſ-

ſere

ſere le abitazioni per gli Offiziali che il governano, pe' cappellani, e per tutti coloro che ſono addetti a ſervirvi. Deve anche eſſer fornito di portici, di cortili, di magazzini, e di molte altre ſtanze, che il poſſono rendere più atto al fine, per cui ſi coſtruiſce.

54. Quanto alle dimenſioni delle ſale, ſi noti che ogni letto occupa 4. piedi in larghezza, e *6.* in lunghezza, e l' uno diſta dall' altro per piedi 4. Quindi allorchè in una ſala ſituar ſi vogliano i letti ne' muri oppoſti, ſi forma larga piedi 21, acciocchè reſti nel mezzo uno ſpazio libero di *9.* piedi per lo paſſaggio. Se poi ſi vogliano ſituare nel mezzo due altri ordini di letti, ſarà la larghezza di piedi 42, e ſi erigeranno nel mezzo de' piè diritti, ſu' quali ſi uniranno le volte, che copriranno le dette ſale. L' altezza non dev' eſſere eccedente, acciocchè gl' infermi non ſoffrano molto freddo nell' inverno; nè ſi deve fare molto ſcarſa, affinchè l' aere non ſi renda dannoſo. Gli altri membri neceſſarj di queſto edifizio poſſono variare, e circa le dimenſioni, e circa la diſtribuzione. Si avverta in fine di coſtruirlo in ſito rimoto, in cui poſſano

gl' infermi eſſer più tranquilli, e dove poſſano reſpirare aere più libero, e ſalutare (*).

ARTICOLO III.

Delle piazze d' armi, della diſtribuzione delle ſtrade, comanche delle abitazioni per gli Offiziali dello ſtato maggiore; degli arſenali, de' granai, e di altri edifizj minori; ed in fine de' ſotterranei.

55. NEl mezzo di una piazza di guerra, ſi laſcia uno ſpazio ſenza edifizio alcuno, per unirvi la guarnigione, e diceſi *piazza d' armi*. Non ſono concordi gl' Ingegneri in iſtabilire la figura della medeſima, poichè alcuni vogliono che debba eſſer ſimile a quella del poligono fortificato; altri poi la formano ſempre

(*) Non mi ſono dilungato in più minute deſcrizioni ſu quanto appartiene a queſto Art., potendoſi il tutto rilevare preſſo il Belidoro.

pre della figura di un quadrato, ed è questo il sentimento più ricevuto. La sua ampiezza proporzionar si deve a quella della fortezza, di cui è parte. Il Belidoro dà al lato del quadrato della detta piazza, la lunghezza di 40 in 45 tese, se il poligono fortificato è un esagono, il cui lato esteriore è di tese 180; l'accresce a 55 fino a 60 nell' ettagono; a 70 in 75 nell' ottogono; a 80 in 85 nel nonagono, e decagono; e a 90 in 95 finalmente nell'undecagono, e dodecagono. Oltre di questa gran piazza, se ne formano altre più piccole avanti le porte delle Fortezze, verso la parte interiore. Sono le medesime necessarie per ordinarvi i soldati, che sono di guardia, ed apprestano il vantaggio di evitar la confusione nel passaggio degli uomini, de' cavalli, e de' carri.

56. Le strade principali, debbonsi dal centro della gran piazza dirigere al mezzo delle cortine, ove sono le porte; le altre minori si costruiscono alle prime perpendicolari, acciocchè gli edifizj sieno di forma regolare; lo che non si può conseguire se le strade principali si dirigono sulle capitali de' bastioni. Si dà alle

ſtrade principali la larghezza di teſe 6; alle altre di 3 in 4.

57. Le abitazioni, del Governadore, e degli altri Offiziali dello Stato Maggiore, ſi coſtruiſcono intorno alla gran piazza d'armi. La Parrocchia ſi deve anche coſtruire vicino alla medeſima piazza, potendoſene coſtruire delle altre, qualora vi ſia molta popolazione, ne' luoghi, ove ſi ſtimerà più neceſſario. Si formeranno poi le Cappelle in ogni luogo, in cui ſia un numero di uomini, che faccia corpo ſeparato dagli altri.

58. Le prigioni debbono formare un edifizio ſeparato, che abbia un cortile circondato da ogni dove. Al pian terreno ſieno le prigioni, che ſi deſtinano pe' rei di delitti gravi; al di ſopra di queſte, eſſer debbono le altre addette pe' delinquenti degni di ſemplici pene. L'abitazione del cuſtode di eſſe ſia all'ingreſſo, ſenza che però abbia comunicazione nelle ſtanze de' delinguenti. Si debbono in detto edifizio coſtruire altre ſtanze pe' delinguenti di delitti gravi; ed in eſſe non ſi deve ommettere la Cappella.

59. L'Arſenale, generalmente preſo, è quell'

edi-

edifizio , in cui vi ſieno tutti i comodi per coſtruire le macchine, e le munizioni di guerra, e per conſervarle. La ſua grandezza deve proporzionarſi non ſolo a quella della piazza, ma altresì al fine, per cui quella piazza è ſtata coſtruita, poichè molte piazze ſervono per magazini e depoſiti di tutto ciò , che per la guerra può eſſer neceſſario . Queſto grande edifizio è compoſto di cortili , intorno ai quali ſieno logge, ſale, camere , fonderia, molini, botteghe da falegnami , da fabbri d' armi, e per tutti gli altri artefici. Vi ſono più ordini; al pian terreno, ſotto le logge , ſi ſituano le caſſe di artiglieria , ed altro legname. Ne' cortili ſi ripongono le palle de' cannoni, le bombe, e le granate. Nelle ſtanze allo ſteſſo pianterreno, ſi conſerva il piombo, le palle da fucile , il ferro , il zolfo, il nitro, il carbone , le pietre fuocaje , e tutte le altre munizioni di conſiderevole peſo. Nel piano ſuperiore vi ſi formano le ſale d' armi, e le altre ſtanze per abitazione de' computiſti, e degli Offiziali ſopraintendenti. Nell'ultimo piano ſi conſervano le armi di riſerba, i ſacchi, le pelli di bue, le miccia, i cordami, gli ar-

neſi

neſi de' cavalli, i corbelli, e molte altre coſe.

60. Sono neceſſarj anche nelle piazze di guerra i granai, i quali ſono edifizj ſpazioſi, diviſi in camere, e in corridoi. Servono per conſervare il grano, e la farina, ſpecialmente in tempo che le fortezze vengono aſſediate. Si debbono perciò coſtruire in luoghi aſciutti, ſicuri dagl' incendj, e ſecondo l' avvertimento di Vetruvio, rivolti al ſettentrione. Allorchè il ſito il permette, coſtruir ſi debbono lungo qualche canale: o qualche fiume navigabile, o ſu qualche ſpiaggia di mare, acciocchè ſi poſſa conſeguire più facilmente il traſporto de' detti generi. Nelle piazze poi montane, ſi ſcavano de' magazzini ſotterra, ne'quali il grano perfettamente ſi conſerva.

61. Sono anche opere neceſſarie, i molini, i forni, le ciſterne, i pozzi, e le oſterie. I molini ſi poſſono coſtruire animati o dalla forza dell' acqua, o de' venti, o da quella de' bruti, ed anche da quella degli uomini. Se vi ſia acqua che poſſa per condotti introdurſi ne' pozzi, ſi debbono queſti coſtruire in ogni ſito, e per ciaſcuna abitazione. Se nella piazza non vi ſia acqua, in vece de' pozzi, ſi coſtruiranno

ranno delle cisterne, delle quali situar si possono alcune negli angoli della gran piazza d'armi, ed altre negli alloggiamenti de' soldati, ne' quartieri di cavalleria, e nelle abitazioni degli Offiziali, e dello stato maggiore. Le osterie poi si stabiliscono vicino ai quartieri, ed in ogni altro luogo, che si stimerà opportuno.

62. Quanto ai sotterranei, è da saperſi, che sono edifizj formati nel seno del riparo, e servir possono a varj usi in tempo di pace, ed in tempo di guerra. Ne varia la distribuzione, e la struttura, secondo che varia l' uso al quale si destinano. Se servono per alloggiare i difensori di una qualche Cittadella, o di qualche Fortezza di frontiera, debbono essere ventilati, ed asciutti. Se servir debbono per magazzini di polvere, proccurar si deve, che sieno asciutti, ma non molto ventilati. Se si destinano per cantine; si può trascurare, se sieno alquanto umidi. Sempre però si deve badare, che non vi trapeli l' acqua, poichè si renderebbero inservibili, e di poca durata; e di più costruir si debbono resistenti alle percosse delle bombe.

63.

63. Si avverta, che ſono ſtati diſcordi gl'Ingegneri, in determinare il ſito più proprio pe' magazzini a polvere. Ne' primi tempi ſi riponeva la polvere nelle torri, ſenzacchè ſi foſſero coſtruiti magazzini. In appreſſo ſi formarono i magazzini ne' baſtioni voti, ed anche ne' pieni; e da alcuni fu propoſto di coſtruirli ne' ripari delle cortine, affinchè l' interno del baſtione aveſſe potuto ſervire, per formarvi de' trinceramenti, e delle contromine. Tuttocchè gl' Ingegneri i più illuminati gli abbiano coſtruiti ne' baſtioni pieni, pure l' eſperienza ha dimoſtrato eſſer ſottopoſti a gravi pericoli, poichè non ſi poſſono iſolare da' baſtioni, onde è avvenuto ſpeſſo che, acceſa in eſſi la polvere, o per tradimento, o per accidente, ſi è aperta all' inimico una ſtrada nella piazza.

64. Per evitare sì fatti ſvantaggi, il Vauban ſtimò di formarli di poca eſtenſione ne' baſtioni voti, per non avventurare anche gran quantità di polvere in un ſolo luogo. Onde ſi trova dal medeſimo propoſta la maniera di coſtruire i magazzini a polvere, e che ſi rapporterà in fine del ſeguente Capitolo, della qua-

le

le ſi potrà far uſo in qualunque ſito ſi voglia-no ſtabilire. Circa ai medeſimi è dunque generalmente d' avvertire, che ſe ne abbiano a coſtruir molti ne' ſiti più remoti da' fronti di attacco, e più diſtanti dalle fabbriche. Quindi nelle Città fortificate ſi poſſono coſtruire ne' baſtioni i meno eſpoſti. Nelle ſemplici fortezze poi, e nelle Cittadelle, i magazzini coſtruir ſi poſſono, ove ſieno meno eſpoſti, potendoſi nelle gole de' baſtioni, coſtruire piccoli ſerbatoi, che contener poſſano polvere per pochi giorni (1).

CAP.

(1) La coſtruzione di tutti sì fatti edifizj viene con molta diſtinzione rapportata dal Belidoro Lib.IV. *Science des Ingenieurs*.

CAP. III.

Della maniera di calcolare la reſiſtenza delle mura negli edifizj militari, ed in particolare di quelli coperti con volte.

ARTICOLO I.

Del modo di calcolare la reſiſtenza delle mura iſolate, o gravate di peſo verticalmente.

65. UN muro iſolato, ſempre che ſia coſtruito ſu ſodi fondamenti, e con materiali di buona qualità, può rovinare. I. Qualora il peſo delle materie ſuperiori vince la tenacità delle ſottopoſte, onde comprimendoſi a cagione de' voti, che vi ſi trovano, cadono, e rovinano. II. Se ha una altezza eccedente riguardo alla groſſezza, ed eccedente ſia anche il peſo che ſoſtiene, poichè ſi oſſerva, che ſi va ad incurvare, e piegare verſo il terzo, o la metà dell' altezza; onde agendo poi la forza che produce queſto piegamento, col vantag-

taggio della leva, ne produce altresì la rovina.

66. Dall' esperienze con sufficiente approssimazione si rileva, che ne' parallelepipedi, che si rendono flessibili a cagione dell'altezza, ch'è eccedente riguardo alla grossezza, e che sono caricati da pesi, che verticalmente su' medesimi agiscono; le resistenze sono in ragion composta dalla inversa ragion duplicata dell' altezze, dalla semplice diretta delle lunghezze, e dalla duplicata delle grossezze. Quindi di due parallelepipedi omogenei, che abbiano basi uguali, ed uguali le altezze, opporranno maggior resistenza quelli, che hanno le basi quadrate; e si minorerà la detta resistenza in quelli, ove vi è maggior diffuguaglianza tra' lati delle dette basi uguali. Se poi le basi di detti parallelepipedi sieno o quadrate, o simili; le loro resistenze sono in ragion composta dall' inversa duplicata delle altezze, e dalla diretta triplicata de' lati omologhi di dette basi; onde se sieno i parallelepipedi simili, le resistenze sono nella diretta ragion de' lati omologhi. Queste conseguenze applicar si possono ai cilindri, ed agli altri solidi simili, ed omogenei.

67.

67. Or ſiccome il peſo, che può ſuperare, e vincere la reſiſtenza del muro, può variare per la qualità de' materiali, del clima, in cui ſi fabbrica, e per la figura delle pietre che nella fabbrica s' impiegano; perciò ne' caſi particolari ricorrer conviene all' eſperienze, per applicare la ſuddetta teorica. Sì fatte eſperienze ſi riducono a determinare i peſi, che ſono neceſſarj per piegare, o feſſurare piccoli parallelepipedi di data altezza, e di data baſe, e coſtruiti cogli ſteſſi materiali, che ſi debbono impiegare nella coſtruzione di un edifizio, qualora ſi fanno agire verticalmente da ſopra in ſotto.

68. Fatte queſte determinazioni, ſe ſia data l' altezza, la lunghezza, e la groſſezza del muro; ſi può determinare la reſiſtenza del medeſimo in peſo. Per riſolvere generalmente sì fatto problema, ſia a l' altezza del parallelepipedo impiegato nell'eſperienze; l la lunghezza; g la groſſezza; e p il peſo, che ne ha prodotto la rottura, o il piegamento. Del muro poi ne ſia A l'altezza; L la lunghezza; e G la groſſezza. Si avrà $A^2 l g^2 : a^2 L G^2 = p : X$, vale a dire, che il peſo ricercato X è uguale

al

al quarto proporzionale in ordine alle tre grandezze date. Or se si supponga essere P detto quarto proporzionale, sarà $p a^3 L G^3 = P A^3 l g^3$. Se perciò il piccolo parallelepipedo, su cui si è fatto l' esperienza, sia simile all' altro, che rappresenta il muro; facendo, come il lato del primo al lato omologo del muro, così il peso che ha prodotto in quello lo spezzamento ad un quarto proporzionale; si ha in peso, la resistenza dell' altro, o sia il carico che può sostenere. Nel modo istesso determinar si può la resistenza nelle colonne di pietra, purchè però l' esperienze si sieno fatte su colonnette della stessa qualità.

69. Dalla risoluzione di sì fatto problema, si può dedurre la maniera di determinare i pesi, de' quali gravar si possano le mura degli edifizj, qualora abbiano a sostenere i coperti, e i solai; purchè si sappia colle leggi statiche determinare con qual parte di peso vengano presse; la qual cosa non riuscirà difficile, qualora si sappiano ritrovare i centri di gravità, ed applicare le leggi dell' equilibrio. In calcolare la resistenza delle mura, si avverta, che qualora sono assai lunghe, non molto conferi-

ranno le lunghezze a renderle più reſiſtenti, ſiccome avviene in quelle di ſcarſa lunghezza.

70. Se poi ſia dato il peſo, che ha prodotto la ſezione di rottura nell' eſperimento, e quello che deve il muro ſoſtenere; e date ſieno altresì l' altezza, e la lunghezza del muro medeſimo, ſe ne potrà anche determinare la groſſezza: poichè eſſendo $p\mathcal{A}^2 lg^2 = Pa^2 LG^2$; ſe ſi divida $p\mathcal{A}^2 Lg^2$ per $Pa^2 L$, ſi avrà il valore di G^2, dal quale eſtraendone la radice quadrata, ſi ha la groſſezza ricercata. Nel modo iſteſſo, allorchè ſia nota la groſſezza, la lunghezza, ed il peſo, ſi potrà determinare l' altezza: imperocchè dividendo $Pa^2 LG^2$ per plg^2 ſi ha $\mathcal{A}^2$, ed eſtraendo da $\mathcal{A}^2$ la radice, ſi avrà l' altezza richieſta $\mathcal{A}$.

71. Si noti, che nelle ſuddette determinazioni non è da ſperarſi un' eſattezza matematica, ma bensì un' approſſimazione, dalla quale dedur ſi può nell' eſercizio pratico, una ſufficiente maniera di operare; e queſta approſſimazione ſi ha allora, che i materiali, de' quali ſi fa uſo in una fabbrica ſono gli ſteſſi di quelli uſati nell' eſperienze preventivamente fatte, e che le pietre ſieno diſpoſte nella ſteſſa maniera,

niera, che in quelle ſi è praticato.

72. Si noti in fine, che non ſi oſſervano le ſteſſe leggi ne' riveſtimenti di fabbrica, che ſi fanno ai ripari, ſiccome è chiaro da ciò che ſe ne diſſe nel Cap. I.; ed altrimenti ſi deve procedere riguardo alle mura, che hanno a ſoſtenere lo sforzo degli archi, e delle volte, de' quali ſi ragiona nell' Articolo ſeguente.

ARTICOLO II.

Si eſpone la teorica, colla quale generalmente determinar ſi può la forza, con cui gli archi, e le volte ſpingono i piè diritti, che le ſoſtengono; e la reſiſtenza che queſti aver debbono per equilibrarla.

73. GLi archi, e le volte vengono ſoſtenute da piè diritti; quindi le materie, che le formano, e le altre, che vi ſi ſoprappongono, fanno ſu' medeſimi preſſione. Sia ABMKD il profilo di una volta co' ſuoi piè diritti. Se ſi prolunghino AE, DF in G, ed H, chiara- Fig. 17.

men-

mente ſi oſſerva, che le parti rappreſentate da SGE, e CHF, gravitano a piombo ſu i piè diritti, e perciò li premono verticalmente; la parte poi EGMHFR col proprio peſo tende a cadere in mezzo di eſſi. Or ſe la volta ſia ben coſtruita, vale a dire, che ſieno le pietre perpendicolari alla ſua curvatura, e ſieno ben conneſſe colla calce, non può la detta parte intermedia rovinare, ſenzacchè i piè diritti ſi diſtacchino fra loro nella parte ſuperiore.

74. In sì fatto diſgiungimento, ſeguir debbono quattro ſezioni di rottura, ſempre che le fabbriche ſieno di buona qualità, ed appoggino ſu fondamenta ſode, ed immobili; due cioè dovran ſeguire nella parte della volta EGMH FR; e due altre ne' piè diritti corriſpondenti ai punti di contraſto X, e Z. Nelle fabbriche, generalmente parlando, la tenacità che acquiſta la calce colle pietre è minore della tenacità delle pietre iſteſſe; onde le ſezioni di rottura, ſuppoſto, che ſieno TQ, NY, eſſer debbono nelle unioni, che una pietra fa coll' altra vicina, e perciò perpendicolari alla curva, come ſono le pietre, dalle quali la volta è formata; ed eſſer debbono altresì ugualmente

di-

diſtanti dal mezzo R M della volta ; e ſe ſi prolunghino le rette M R , Y N , Q T , s' incontreranno in un iſteſſo punto L .

75. Ciò poſto , ſi rileva , che la parte diſgiunta T Q Y N col ſuo peſo agiſce come un cuneo per allontanare i piè diritti , nel quale la teſta è proporzionale ad N T , e la faccia a NL . Inoltre ſe ſi tiri NI perpendicolare ad N L , ſi ha la direzione , ſecondo la quale il cuneo urta il piè diritto HZ ; e facendo la ſteſſa coſtruzione riguardo all' altro piè diritto , ſi ha la direzione , ſecondo la quale vien queſto urtato dallo iſteſſo cuneo ; vale a dire che la metà dello ſforzo ſarà impiegata a roveſciare uno de' detti piè diritti . Onde il peſo del ſolido della parte della volta MRNY , è alla forza , con cui agiſce contro il piè diritto Z H , come ON a NL , ovvero come il ſeno dell' angolo OLN al ſeno totale .

76. Se dunque il ſeno dell' angolo OLN ſi chiami *b* ; e ſi ſupponga la ſpeſſezza del profilo della volta uguale ad 1 , eſprimendo il peſo di un piede cubo di fabbrica della volta per *d* ; ſarà la ſolidità della metà della parte della volta , che tende a cadere in mezzo de' piè diritti ,

ti, eſpreſſa da $1 \times MRNY$; e 'l peſo ſarà denotato da $d \times MRNY$. Quindi ſe in ordine di b, del *Sen. totale*, e di $d \times MRNY$, ſi ritrovi il quarto proporzionale, ch'è $d \times MRNY \times \frac{Sen.\ tot.}{b}$; ſi ha la potenza, con cui vien urtato il piè diritto, eſpreſſa anche in peſo. Inoltre ſe alla direzione NI di detta potenza, ſi tiri dal punto di contraſto Z la perpendicolare ZI, ſarà ZI la lunghezza della leva, con cui la ſteſſa potenza agiſce; onde il ſuo momento ſi avrà, moltiplicandola per ZI; e perciò ſe ZI ſi chiami l, ſarà il momento iſteſſo denotato per $dl \times MRNY \times \frac{Sen.\ tot.}{b}$.

77. Per determinar poi la reſiſtenza del piè diritto, e della rimanente porzione della volta ad eſſo anneſſa ZHYNFD, che nello ſtato di equilibrio uguagli il momento della ſuddetta potenza, è da notarſi, che la medeſima deriva dal peſo della materia, e dalla tenacità che ha la fabbrica nelle ſezioni di rottura NY, DZ. Or ſe ſi ritrovi il centro di gravità n del rettangolo ZH; e l'altro m del miſtilineo FNYH, e ſi abbaſſino le perpendicolari nr, mt; chiaman-

mando d il peſo di un piede cubo di fabbrica; eſprimerà $ZH \times d + FNYH \times d$, la reſiſtenza derivante dal peſo. Se poi dette grandezze ſi moltiplichino per le controleve rZ, tZ; ſarà il momento della iſteſſa reſiſtenza eſpreſſo per $ZH \times rZ \times d + FNYH \times tZ \times d$.

78. Dalle coſe dette ſi rileva, che qualora non ſi conſidera la reſiſtenza derivante dalla tenacità, può il piè diritto renderſi più reſiſtente o con augumentarlo nell' altezza, o con accreſcerne la groſſezza. Però ſe ſi ſupponga, che ſia la ſteſſa quantità di fabbrica, di cui il piè diritto ſi vuole augumentare, la reſiſtenza è ſempre maggiore, qualora ſi accreſce la groſſezza, poichè con farſi maggiore l' altezza, ſi accreſce ſemplicemente il peſo del piè diritto; ma allorchè ſi accreſce la groſſezza, oltre dell' augumento del peſo, ſi fa più lunga la controleva. Quindi per rendere i piè diritti più reſiſtenti, ſi deve ſempre accreſcere la loro groſſezza, e non mai l' altezza; e la reſiſtenza de' medeſimi creſcerà anche di più, facendo il muro dalla parte eſteriore a ſcarpa, come DHKV, poichè ſi fa maggiore la controleva; ed inol-

tre facendoſi in V il punto del contraſto, ſi raccorcia la leva ZI della potenza, e ſi rende minore il momento dell' urto della volta. Si noti benanche che, ſecondo che la ſezione della rottura ſi fa vicina ad MR, più ſi augumenta la ſuperficie FNYH, e la ſua controleva *z*Z, e quindi il momento della reſiſtenza ne' piè diritti ſi fa altresì maggiore.

79. Per determinar poi la reſiſtenza, che oppongono i piè diritti a cagion della tenacità della fabbrica, biſogna ricorrere all' eſperienze nel modo, che fu detto (n. 35.). Or ſupponendo ſempre di un piede la ſpeſſezza nel profilo, e che ſia T il peſo, eſprimente la reſiſtenza della fabbrica in un piede ſuperficiale; ſaranno le ſezioni di rottura eſpreſſe per $1 \times DZ$, e $1 \times NY$; onde ſe queſte ſi moltiplicano per T, ſi avrà la reſiſtenza derivante dalla tenacità, e ſarà eſpreſſa da $1 \times DZ \times T + 1 \times NY \times T$. Se queſta grandezza ſi moltiplica per le controleve riſpettive delle due ſezioni, che ſono $\frac{DZ}{2}$, e $\frac{NY}{2}$, eſſendo i corpi delle mura infleſſibili, ſi avrà il momento della

la

la reſiſtenza derivante dalla tenacità, e ſarà denotato da $\frac{DZ^2}{2} \times T + \frac{NY^2}{2} \times T$; onde l' intero momento della reſiſtenza di un piè diritto, ſarà $ZH \times rZ \times d + FNYH \times tZ \times d + \frac{DZ^2}{2} \times T + \frac{NY^2}{2} \times T$. Quindi nel caſo di equilibrio tra l'urto della volta, e la reſiſtenza di un piè diritto, ſi avrà la ſeguente equazione $dl \times MRNY \times \frac{Sen.tot.}{b} = ZH \times rZ \times d + FNY H \times tZ \times d + \frac{DZ^2}{2} \times T + \frac{NY^2}{2} \times T$.

80. Si avverta eſſerſi ſuppoſto che le volte ſieno impoſtate ſu due mura parallele: ma ſe mai queſte, che fanno l' ufficio de' piè diritti, poggiaſſero ſu una baſe di una corona circolare, o ellittica, come avviene nelle volte a cupola; pe 'l contraſto reciproco, che ricevono le parti della volta, formando un urto minore, ſi rendono più reſiſtenti; onde ſi ha riſparmio in coſtruire volte sì fatte: e viene da molti dimoſtrato, che la reſiſtenza del piè diritto nella volta a cupola, ſta alla reſiſtenza

del

del piè diritto di una volta impoſtata ſu mura parallele, come 3 : 2 ad un di preſſo.

ARTICOLO III.

Applicazione della teorica anzidetta per determinare l' urto delle volte, delle quali conviene far uſo nelle fabbriche militari.

81. IL cerchio, e l' eliſſe ſono le ſole curve, colle quali ſi configurano gli archi, e le volte degli edifizj militari, potendoſi con più facilità ed eſattezza deſcrivere, e render nel tempo iſteſſo reſiſtenti. Quelle volte, che ſi configurano con un ſemicerchio, o con una ſemielliſſe poſta coll' aſſe maggiore verticalmente, ſono atte a ſoſtener gravi peſi, ed a reſiſtere all' urto delle bombe. Le ſemicircolari diconſi a *tutta monta*; le ſemiellittiche, *elevate* ſi appellano. Se poi ſi configurano con un arco di cerchio minore della mezza circonferenza, o con una ſemielliſe poſta verticalmente,

te, ſecondo l' aſſe minore, ſi dicono *baſſe*, e *ſchiacciate*.

82. Per venire ad applicare la teorica ſtabilita nell' antecedente Articolo, ſi deve ſapere il ſito preciſo, in cui ſegue la ſezione di rottura nelle dette volte. Il Signor De la Hire, che fu il primo, il quale geometricamente trattaſſe il problema della ſpinta delle volte, e della reſiſtenza de' piè diritti, in una ſua Memoria inſerita negli Atti dell' Accademia di Parigi del 1712; ſuppoſe come un principio di eſperienza, che gli archi, e le volte ſogliano romperſi verſo il mezzo tra l'impoſta, e la cima. Lo ſteſſo ſuppoſe il Belidoro nel Lib. II. della Scienza degl'Ingegneri, ed il Couplet in altra Memoria regiſtrata tra gli Atti dell' anzidetta Accademia, pubblicati nel 1730; e non altrimenti ha creduto il Signor Du Lacq. Ma dal dotto P. Friſi nelle ſue Iſtituzioni Meccaniche, nel Cap. VII. dell' Architettura Statica, e da molti altri ancora, ſi dimoſtra, che la ſezione di rottura far ſi debba ai due terzi, procedendo dall' impoſta alla cima. In sì fatta diſcordanza di opinioni, mi ho preſa la pena di andar oſſervando tutti

que-

quegli archi, ne' quali vi ſi ravviſava rottura, o feſſura, ed ho ritrovato, che le medeſime corriſpondono verſo i due terzi tra l' impoſta, e la cima. Onde mi attengo a queſte oſſervazioni, tanto più che le ritrovo corriſpondenti alle dimoſtrazioni teoriche fatte dagli altri.

Fig. 18. 83. Sia M N S il profilo di una delle ſuddette volte, ſe l' arco M N ſi divida in tre parti uguali in R, e Q, e dal vertice N ſi abbaſſi ſu M S la perpendicolare N D, e ſi tiri D P Q; ſarà P Q la ſezione di rottura. Quindi nelle dette curve varierà l' angolo QDN, il cui ſeno è ſtato compreſo nella formola rilevata (n. 79.). Nella volta ſemicircolare il detto angolo è ſempre di gr. 30. Nell' ellittica elevata ſi fa maggiore a miſura, che è maggiore la differenza de' due aſſi. Se poi l' arco, ſecondo il quale, la volta è configurata, è minore della mezza circonferenza, il detto angolo ſi fa minore di 30 gradi; e minore ſi farà anche allorchè la volta ellittica è ſchiacciata, a miſura che creſce la differenza degli aſſi.

84. Or nella coſtruzione delle volte, ſono

Fig. 19. ſempre quantità note, la larghezza del vano DS,

DS, e l'altezza CP, poichè o ſono arbitrarie, o vengono determinate dal ſito, o dal fine, per cui ſi coſtruiſcono. Inoltre ſono grandezze anche cognite la figura, e la groſſezza della volta non meno, che il ſopraccarico, che deve ſoſtenere. Quindi, ſe coll'eſperienza ſi determini il peſo di un piede cubico di fabbrica, colla quale ſi debba la volta co' piè diritti coſtruire, e di più la tenacità della medeſima, che ſi è eſpreſſa per T, riguardo ad un piede ſuperficiale; ſi può ritrovare la groſſezza DZ del piè diritto, acciocchè ſia in equilibrio coll'urto, che dalla volta riceve.

85. Sia a tal'effetto la volta ſemicircolare, o ſemiellittica RCL. Si divida per metà, per la linea verticale BCP; ſi ritrovi della curva CL la terza parte CN, e per N ſi tiri ONY. Si divida la groſſezza NY della volta per metà in V, e ſi tiri per V l'orizzontale CVK. Si abbaſſi la perpendicolare VF; ſia VI perpendicolare ad OY; e dal punto incognito Z s' intenda tirata ZI perpendicolare ad VI. Per determinare la leva ZI, per mezzo della quale agiſce la potenza, è da notarſi che per la ſuddetta coſtruzione, i triangoli CVO, VKE,

VKE, e ZIE ſono ſimili ; e di più nel triangolo CVO ſi poſſono render noti tutti i lati, e gli angoli, poichè vi ſono dati ſufficienti per determinarli.

86. Si faccia perciò OV $= a$; CV $= b$; CO $= c$; VF, o ſia KZ $= e$; VH, o ſia FD $= f$, e la groſſezza ricercata del muro HK, o ſia DZ $= x$. Sarà VK $= f + x$. Onde per la ſomiglianza de' due triangoli COV, VKE, ſarà KE $= \frac{b}{c} \times \overline{f+x}$; e ZE, ch' è $=$ ZK $-$ KE ſarà $= e - \frac{b}{c} \times \overline{f+x} = \frac{ce - bf - bx}{c}$. Quindi per la ſimiglianza degli altri due triangoli COV, EZI, ſarà la leva ZI $= \frac{c}{a} \times \frac{ce - bf - bx}{c} = \frac{ce - bf - bx}{a}$.

Or ſe ſia n^a la ſuperficie del miſtilineo BCNY, ed abbia il profilo un piede di groſſezza, ſarà il momento della preſſione della potenza, che fu eſpreſſa (n. 76.), per $dl \times$ MRNY $\times$ *Sen.* $\frac{tot.}{b} = d \times \frac{ce - bf - bx}{a} \times n^a \times \frac{a}{b} = \frac{ced n^a - bdf n^a - bd n^a x}{b}$.

87.

87. Si determini inoltre la ſuperficie del miſtilineo NYHL, e ſia g^2, e dal ſuo centro di gravità m ſi abbaſſi la perpendicolare mt, e ſia $Dt = b$, ſarà la lunghezza della controleva del detto miſtilineo $Zt = x + b$; e la controleva del rettangolo ZH, ch'è $rZ = \frac{x}{2}$;

Sicchè la formola, con cui ſi eſpreſſe il momento della reſiſtenza del piè diritto, preſcindendo dalla tenacità, ſarà denotata per $ex \times \frac{x}{2} \times d + \overline{g^2 \times x + b} \times d = \frac{dex^2}{2} + dg^2 b + dg^2 x$.

Ma il momento della reſiſtenza derivante dalla tenacità fu denotato da $\frac{DZ^2}{2} \times T + \frac{NY^2}{2} \times T$;

perciò ſe NY ſia $= m$, eſſendo $DZ = x$, ſi potrà detto momento eſprimere per $\frac{x^2 T}{2} + \frac{m^2 T}{2}$; ed aggiunta queſta grandezza all' antecedente, per cui ſi è eſpreſſo il momento della reſiſtenza derivante dal peſo, nel caſo dell'equilibrio tra l'urto della volta, e la reſiſtenza del piè diritto ſi ha queſta equazione:

$\frac{cden^2 - bdfn^2 - bdn^2x}{b} = \frac{dex^2}{2} + dg^2b + dg^2x + \frac{x^2T}{2} + \frac{m^2\Gamma}{2}$, la quale, per le regole algebraiche, si riduce alla seguente $x^2 + \frac{2dg^2 + 2dn^2}{de + T} \times x = \frac{2cden^2}{b} - 2dfn^2 - 2dg^2b - m^2\Gamma$. Si ritrovi in detta equazione il valore positivo di x, e si ha la grossezza ricercata del piè diritto.

88. Si noti, che qualora nella suddetta determinazione si voglia aver conto della tenacità, bisogna, che prima di costruire su piè diritti la volta, si facciano i medesimi ben seccare, affinchè acquistino quella tenacità, che si è posta in computo, altrimenti sono soggetti a rovinare. Di più nella pratica non si deve metter riguardo alla tenacità della sezione di rottura, che segue nella volta, poichè la fabbrica di questa, non può seccarsi, se non dopo che sia sformata; onde si deve togliere dall' equazione la grandezza m^2T. Qualora poi non si abbiano buoni materiali, e

che

che non vi fia tempo da far ſeccare i più diritti, conviene non mettere a calcolo o l' intera reſiſtenza, che deriva dalla tenacità, o una ſua porzione; ed in queſto ultimo caſo l'equazione, allorchè ſi ha l'equilibrio, ſi riduce alla ſeguente $x^4 + \frac{2g^3 + 2n^3}{c} \times x = \frac{2cn^3}{b} - \frac{2fn^3 - 2bg^3}{e}$.

89. Si ponga mente inoltre, che ſe nelle lunghezze delle mura, che fanno l' ufficio de' piè diritti delle volte, vi ſieno delle porte, e delle fineſtre; ſi deve dall' intera ſolidità delle medeſime togliere quella, che manca ne' detti vani. Indi ſi faccia come la ſolidità delle mura, conſiderata co' vani, a quella ſenza vani, così la groſſezza determinata, riguardo a queſti ſecondi, ad un quarto proporzionale, il quale ſomminiſtrerà la larghezza da darſi alle mura, qualora vi ſieno fineſtre, porte, ec. Nelle volte a botte dunque ſempre che ſi può, ſi debbono le porte, e le fineſtre fare nelle mura di teſta, poichè i laterali ſono quelli, che ſervono pe' piè diritti.

90. Speſſe volte nelle fabbriche militari ſi Fig. 20.

fa uſo di controforti. Per calcolarne la reſiſtenza, ſia *a b c d* la pianta di un edifizio coperto da una volta a botte, la quale ſia ſoſtenuta da' muri *b r*, *a s*, e queſti ſieno forniti de' controforti X, e Y; e dell' iſteſſo edifizio, ne ſia il profilo D Z N H M R O P. Si prolunghino *a b*, *d c* verſo *b*, ed *f*, e verſo *q*, e *p*; ſi faccia il rettangolo *b r n f* uguale ai tre rettangoli X, X, X, che eſprimono le piante de' controforti, e l' altro *s q p t* uguale ai tre rettangoli Y, Y, Y. Si prolunghino altresì *f b*, *p q* ſino a che incontrino il profilo in C, e G. Se i controforti non ſono a ſcarpa, ſi calcolerà la reſiſtenza del muro DZNH fornita de' ſuddetti controforti, come ſe foſſe della larghezza DC, o ſia HQ in tutta la ſua lunghezza. Se poi ſono a ſcarpa, allora ſi calcolerà la reſiſtenza, con ſupporre qualunque ſezione fatta perpendicolare alla lunghezza del muro, del trapezio MPGR.

91. Dalle coſe dette (n. 78.) è manifeſto, che i controforti a ſcarpa ſono più reſiſtenti degli altri, qualora in ambedue s' impiega la ſteſſa quantità di fabbrica. Non ſi debbono far poi molto diſtanti fra loro, acciocc-

ciocchè non vada a cedere la muraglia intermedia. Non deve la loro groſſezza eſſer molto piccola, affinchè non ſieno flеſſibili, e deve la qualità della fabbrica eſſer tale, che acquiſti molta tenacità. Si ſtabiliſcono diſtanti dalle mura di teſta per due volte, e non più di quanto è la larghezza delle mura iſteſſe.

92. Oltre de' controforti, per opporre maggior reſiſtenza all'urto delle volte, ſi uſano le catene di ferro, che diconſi chiavi, le quali ſi ſituano ſull' inpoſta RL ai due quinti dell' altezza OB. Non ſi debbono ſituare a molta diſtanza fra loro, nè ſe ne deve far uſo, allorchè nelle fabbriche non vi è molta tenacità. Se ne calcola la reſiſtenza, determinando in peſo la tenacità del ferro, del quale ſono coſtruite, col mezzo di eſperienze; e la metà di eſſo ſi potrà aggiungere al calcolo fatto, riguardo alla reſiſtenza di un piè diritto. Fig. 19.

93. Se mai ſieno due le volte, che abbiano ad eſſer ſoſtenute da' piè diritti, in queſto caſo, dopo aver ritrovato la preſſione del ſemicuneo della volta ſuperiore, ſi ritroverà l'altra del ſemicuneo AMNR della volta ſottoposta, e ſi aggiugnerà alla prima. E determi- Fig. 21.

nato che ſia il momento della reſiſtenza del piè diritto, riſpetto alla prima volta, vi ſi aggiunga il momento, che naſce dal peſo, riſpetto al miſtilineo MNPQ, potendo traſcurare l'altro, che naſce dalla tenacità nella ſezione di rottura M N.

94. Alle volte, che hanno a reſiſtere all'urto delle bombe, ſi ſuole ſoprapporre una quantità di terra ben peſta. Se dunque nel profilo ſi eſprima per E F G H, creſcerà l' urto ſu i piè diritti, onde ſi debbono queſti formare più reſiſtenti. Per determinare dunque la preſſione della terra ſuddetta, biſogna oſſervare primamente qual ſia la ſua gravità ſpecifica, riſpetto a quella della fabbrica, e ſuppoſta che ſia di $a : b$; ſi faccia FG : FY $=$ $a : b$. Si tiri YK parallela a GH; e la terra ſi potrà conſiderare convertita in un ſolido di fabbrica, il cui profilo è EFYK. Si divida il profilo della volta ugualmente dalla verticale SLA, e ſi determini la ſezione di rottura OX (n. 83). Da X ſi abbaſſi la perpendicolare XV, ſecondo la quale ordinariamente ſegue la rottura nella terra, e ſarà SLOXV la parte, che agiſce contro uno de' piè diritti, ed OX eſprimerà

rà la ſezione di rottura da metterſi a calcolo; qualora ſi voglia tener conto della tenacità. Nella reſiſtenza poi del piè diritto, ſi dovrà comprendere VXFY.

95. Se la volta ſi voglia coprire con maſ- Fig. 22.
ſiccia fabbrica, diſpoſta ſecondo un piano inclinato HNE; determinato che ſiaſi il ſito della ſezione di rottura MN, ſi deve determinare il momento della parte HCMN, e ſi avrà la preſſione della volta contro il piè diritto. Per determinar poi la groſſezza del piè diritto, nel calcolo, ſi dovrà tener conto del miſtilineo NMPQ, del triangolo rettangolo QPE, che ſi ha, con tirare da E l' orizzontale EP; e del rettangolo PEKT. Per iſtabilire la pendenza da darſi al ſuddetto piano inclinato; ſi tiri l' orizzontale YXO; ſu queſta dal punto X ſi elevi la perpendicolare XH, e ſi faccia uguale ai due terzi di XY, o che ne ſia maggiore di poco, acciocchè tirandoſi da H le tangenti all' arco della volta, ſi formi ciaſcun degli angoli HYX, HOX di gradi 35, per trarne que' vantaggi, de' quali ſarà detto. Non deveſi XH fare nè maggiore, nè minore dell' eſpreſſata miſura, poichè nel 1. caſo, le

ſuddiviſate tangenti formerebbero con YO angoli maggiori di gr. 35; ſi minorerebbero i rifianchi QPE, YRS, e minore ſi renderebbe quindi la reſiſtenza de' piè diritti. Nel 2., gli angoli iſteſſi ſi renderebbero minori, e ſi eſporrebbe la volta all'urto più diretto delle bombe.

96. Se ſi abbia un edifizio coperto da due volte, che ſi uniſcono, come nel profilo ABC, e ſieno ſimili, uguali, ed ugualmente diſtanti dal ſuolo AB; ſi determini la preſſione, o ſia l'urto in una di eſſe, onde poi ſe ne rileverà la groſſezza di ciaſcuno de' piè diritti eſteriori. Quanto all' urto poi delle ſteſſe volte contro il muro, o ſia piè diritto di mezzo DC, non è molto a conſiderarſi, poichè ſono gli urti delle mezze volte, che vi poggiano, uguali, e contrarj. La groſſezza intanto di detto muro intermedio, non ſi fa minore del doppio della groſſezza di ciaſcuno delle volte, acciocchè ſi poſſano queſte bene impoſtare; e ſi può detta groſſezza augumentare, mettendo riguardo all' altezza, ed alla qualità de' materiali. Fig. 23.

97. Qualora ſia coperto il detto edifizio con maſſiccia fabbrica in pendìo, allora il momento

to della preſſione , quanto ad un piè diritto ; deveſi determinare , riſpetto alla metà del ſolido MNOPQ , e non alla parte RQPS . Per minorare in queſto caſo il peſo della copertura , ſi fa nella ſommità dell' edifizio , e propriamente nel mezzo di eſſo , un andito H , coperto con volta a reſiſtenza di bomba ; ed eſſendo le camere molto alte , ſi dividono con ſolai . Ne' ſuddetti edifizj , qualora le volte debbano ſervire per gli alloggi de' ſoldati , per gli ſpedali , e per altre conſimili abitazioni , s' impoſtano , ſecondo la lunghezza delle mura , e per mezzo di muri intermedj , ſi dividono in cameroni . S' impoſtano poi le volte traſverſalmente , allorchè l' edifizio ſervir debba pel Governadore della piazza , o per altre perſone di diſtinto grado , acciocchè aver ſi poſſa sì fattamente una diſtribuzione di camere più comoda , e più ordinata ; ed in queſto caſo le muraglie intermedie ſi fanno più ſottili dell' eſtreme , contro le quali , le volte fanno maggior urto .

98. Per comunicare da' piani inferiori ai ſuperiori , ſono neceſſarj gli archi rampanti per la coſtruzione delle ſcale . Debbono queſti eſ-

ſer talmente coſtruiti, e diſpoſti, che poſſano regere ſenza far uſo di chiavi, e di concatenamenti di ferro. Quindi debbon eſſere immobilmente contraſtati, e debbono aver altresì l' impoſte di ſufficiente larghezza. Sono molto vantaggioſi quelli di figura circolare, o ellittica.

99. Se le mura, che ſoſtener debbono una volta, non ſieno iſolate, ma ſieno contraſtate immobilmente, non ſarà neceſſità di calcolare lo sforzo delle volte, per determinarne la groſſezza, poichè ſarà ſufficiente che le mura ſuddette ſieno ſalde nelle fondamenta, e che abbiano groſſezza tale, che non ſieno rovinate dal peſo, che verticalmente ſoſtentano. Di tal natura ſono le fabbriche contraſtate da ſaſſi, le caſematte coſtruite ne' baſtioni, e tutti i ſotterranei, che ſi coſtruiſcono nella cortina, qualora però le mura, ſu cui le volte ſono impoſtate, ſieno perpendicolari alla cortina medeſima. Servono queſti ſotterranei per l'abitazione de' ſoldati, e ſono preferibili agli alloggiamenti iſolati, ſempre che ſi poſſano liberare dall' umido; infatti arrecano ſpeſa minore per coſtruirli, ſono più ſicuri contro l' urto

delle

delle bombe ; e non cagionano colle rovine, danno , e disturbo ai difensori. Si avverta, che nelle cortine si possono detti sotterranei inoltrare fino alla coda de' controforti ; ed allorchè si vogliano costruire ne' bastioni , debbono distarne almeno per tese 3 , acciocchè non sieno scoperti dalle batterie de' cannoni in breccia. Se mai si costruiscano ne' bastioni pieni , o non possano riuscire molto asciutti , si fanno servire per cantine , per macelli , per officine di fabbri , di armajuoli , o per altri usi consimili.

100. Molta attenzione ancora metter si deve nella costruzione delle porte di una piazza di guerra , e de' ponti di comunicazione , circa ai quali non solo determinar si deve lo sforzo degli archi , della terra , e delle pietre , che ne formano il solajo ; ma è altresì a tenersi contro dell' urto , che vi fanno i carri carichi , che continuamente vi passano. Se il ponte sarà di un solo arco , se ne calcolerà l' urto colle regole date , qualora non si possa costruire tra contrasti invincibili di sassi , o di terra molto forte. Se gli archi sono molti , ma uguali , e simili , si osservi ciocchè

si è

ſi è detto (*n.* 93.). Se poi ſono diſſuguali, i piè diritti, che ſono negli eſtremi, ſi determineranno, riſpetto allo sforzo dell' arco maggiore.

101. Qualora poi per ſotto degli archi abbia a paſſar qualche fiume, è neceſſario mettere a calcolo l' urto dell' acqua, la quale agiſce per una direzione traſverſale a quella, con cui ſono i piè diritti urtati dalla preſſione degli archi; e sì fatto calcolo ſi faccia colle regole, che ſi danno nell' Idraulica (1). Intanto generalmente avvertir ſi può, che ſe la larghezza del fiume è minore di 80 piedi, il ponte ſi potrà coſtruire con un ſolo arco; maggiormente ſe nelle ſponde vi ſieno degli oſtacoli invincibili, e l' acqua ſcorra precipitoſamente, evitandoſi in tal guiſa l' azione della medeſima contro i piè diritti. Se la detta larghezza è maggiore di 80 piedi, e nell' alveo vi ſi trovino ſcogli elevati ſull' acqua, o altre materie reſiſtenti, e ſalde; ſulle medeſime ſi co-

(1) Si può conſultare l' Architettura Idraulica del Sig. Belidoro.

coſtruiranno i pilaſtri, ancorchè gli archi ſi abbiano a far diſſuguali.

102. Se infine ſi abbiano a coſtruire diverſi pilaſtri nell' acqua; ſi debbono queſti ſtabilire a maggior diſtanza ne' ſiti, ov' è la corrente, acciocchè ſi opponga il minore oſtacolo poſſibile nel ſuo paſſaggio; e ſi facciano più vicini, ove l' acqua ſcorra con minor velocità. Debbono inoltre eſſer rivolti verſo la corrente colla loro minor groſſezza, per non rinſerrare l' acqua nel ſuo corſo, formando de' ſperoni triangolari per dividere le acque, e renderne minore l'urto. Conſimili ſperoni coſtruir ſi debbono anche dalla parte oppoſta, per rendere i pilaſtri più ſtabili, e per evitare i vortici, che ſogliono nell' acqua formarſi, allorchè da un luogo anguſto va a ſgorgare in un altro più largo. Si debbon poi far alti a ſegno, che nella maggiore eſcreſcenza del fiume, le impoſte ſieno fuori dell' acqua, e gli ſperoni giunger debbono ſino all' impoſte; e ſi hanno a coſtruire co' migliori materiali, facendo uſo di ſode pietre di taglio, colligate inſieme con reſiſtenti lamine di ferro.

103. Si avverta di vantaggio, che ſe gli ar-

archi ſieno di gran diametro , ſi debbono coſtruire con pietre vive , dell' altezza di piedi 3 ad un di preſſo , e di figura regolare , acciocchè ſi combacino l' una coll' altra , e ſi ſituino perpendicolari alla curva. Negli archi ſuddetti , utili poſſono eſſere altresì le chiavi di ferro , o ſieno catene , che attraverſino la larghezza del ponte ne' ſiti , ove ſeguono le ſezioni di rottura. Se finalmente molto rapido , e violento ſia il corſo del fiume , a qualche diſtanza dalla parte inferiore del ponte, dall' una , e dall' altra oppoſta parte della corrente , ſi poſſono formare argini , e ſteccati per indebolire il corſo dell' acqua ſotto il ponte , mettendo in pratica le regole idrauliche.

ARTICOLO IV.

Si avvertono alcune cose circa la costruzione degli edifizj, ch' esser debbono a prova di bombe.

104. DUe sono le condizioni, che aver dee un edifizio, acciocchè possa resistere all'urto delle bombe. I. Che le volte, le quali il coprono, non possano esser nè perforate, nè fessurate dal detto urto. II. Che le mura, le quali le dette volte sostengono, sieno resistenti a segno, che regger possano alle più violenti percosse. La prima condizione si ottiene colla figura, e colla grossezza, che si dà alle volte, e per mezzo di materiali, co' quali si costruiscono. La seconda poi si può ottenere con costruire le mura, o sieno i piè diritti, atti a resistere non solamente all'urto delle volte, ma benanche alle scosse delle bombe. Le dette condizioni sono ugualmente necessarie pe' magazzini a polvere. Più essenziale è poi la seconda per gli alloggiamenti de' soldati, acciocchè non resti l' intera guarnigione sepellita nelle rovine,

105. La figura della volta dev' eſſer tale, che ſi renda all' aſſalitore o impoſſibile, o almeno difficile di aſſolutamente colpire, o di colpire colla maſſima forza ſul ſuo dorſo ricoperto di maſſiccia fabbrica. Si accreſce la difficoltà di colpire, ſecondo che creſce la diſtanza, dalla quale i tiri procedono. Si minora l' effetto della percoſſa, qualora ſi colpiſce per un angolo il più obbliquo, che ſi poſſa, poichè per le leggi meccaniche, la forza intera percuſſiva è alla forza dell' urto, come è il ſeno totale al ſeno dell' angolo d' incidenza, che fa la direzione del projetto ſul piano dal corpo percoſſo. Se dunque ſia F H G il piano verticale, in cui ſia la curva, che ſi deſcrive dalla bomba; acciocchè queſta eſerciti la maſſima percoſſa ſulla copertura A B C D, ſarà neceſſario, che il detto piano verticale interſeghi il primo percoſſo ad angoli retti. Inoltre, ſecondochè maggiore ſi fa l' angolo B N L, ch' eſprime il pendìo della copertura della volta, il mortaro ſi dovrà ſituar più lontano per colpire ad angoli retti.

Fig. 24.

106. Quindi ne ſegue che le ſuperficie eſteriori delle volte, le quali hanno a reſiſtere all'

all' urto delle bombe, disporre si debbono in guisa, che non possano segarsi ad angoli retti da verun piano, che passar può pe' siti, ne' quali, in tempo di assedio, è agevole all' assalitore situar batterie di mortari. Se poi ciò non si possa conseguire; si accrescerà il pendìo delle dette superficie, acciocchè l'angolo BNL si renda maggiore, e sia l' assalitore costretto situar le batterie suddette a maggior distanza, poichè se gli augumenterà in sì fatta maniera la difficoltà di colpire ne' segni, che prende di mira.

107. Se la curva, che la bomba descrive, fosse una parabola, allorchè si tira all' istessa orizzontale, l'angolo di proiezione sarebbe uguale a quello d' incidenza. L' esperienza ha dimostrato, che se si tira con mortari, de' quali si fa uso per gli assedj delle piazze, l'angolo d' incidenza è di gradi 55, quando quello di projezione è di gradi 45: e che si fa di gradi 85, se l' altro è di gradi 80. Quindi l' eccesso, col quale gli angoli d' incidenza superano gli altri di projezione, compresi tra' gradi 45, e 80., quantunque non sia costante, vien però limitato tra i gradi 5, e 10.

In-

Inoltre l' eſperienze hanno altresì fatto conoſcere, che la maſſima percoſſa delle bombe, è quaſi la ſteſſa in tutte le projezioni fatte cogli angoli di gradi 40 in 80; lo che è contrario alla natura della parabola. Il maſſimo tiro poi ſi ottiene coll' angolo di gradi 40 in 42; e ciò è conforme alla natura della parabola, ſe ſi conſidera la reſiſtenza dell' aere.

108. Dalle coſe fin quì dette, ne ſegue, che ſe ſi forma la copertura maſſiccia di una volta con tale pendenza, che l' angolo BNL ſia di gradi 35, ſecondo fu detto (n. 95.), dovrà l' aggreſſore collocare i mortari alla maſſima diſtanza, acciocchè poſſano le bombe agire colla maſſima forza, onde ſe gli accreſcerà la difficoltà di colpire; e volendo tirare più da vicino, ſi diminuirà la forza della percoſſa a cagione dalla maggiore obbliquità, con cui ſi eſercita.

109. Si noti, che qualora vi ſieno nella campagna ſottopoſta ad una piazza di guerra, ſiti, da' quali ſi poſſa berſagliare la copertura di un edifizio colla maſſima percoſſa; quantunque, geometricamente parlando, uno ſia il punto, in cui ſeguir deve, pure praticamente,

allor-

allorchè la copertura maſſiccia è diſpoſta in piani inclinati, ſarà in tutte le ſue parti eſpoſta a sì fatta maſſima percoſſa. Quindi in tali caſi, ſarà più vantaggioſo formare le coperture delle volte, curvilinee, poichè l'urto maſſimo non potrà ſuccedere, che ne' punti compreſi in una ſola linea orizzontale, riuſcendo obbliquo l'urto di tutte quelle bombe, che colpiſcono al di ſopra, o al di ſotto di eſſa.

110. Si avverta anche, che riguardo alle volte a cupola, che ſi formano, per coprire i magazzini a polvere, coſtruiti nelle gole de' baſtioni, tuttocchè poſſa per qualunque ſito della campagna paſſare un piano verticale, che le interſeghi, onde vengono ad eſſer più eſpoſte agli urti diretti delle bombe, di quel che non ſono le volte a botte; pure la copertura delle prime, ſarà al detto urto eſpoſta, nella ſola linea, che è comune ſezione del piano verticale, e dell' altro della copertura medeſima; che all' oppoſto quella delle volte a botte vi è eſpoſta in tutta la ſua eſtenſione. Se poi ambedue preſentano il dorſo curvilineo, quella a cupola ha un ſol punto eſpoſto all'urto diretto, e l'altra a botte ha tutti i punti com-

compresi in una linea orizzontale.

111. Si è supposto finora, che i mortari tirar possano sull' istessa orizzontale. Se poi l'aggressore dirigga le bombe da' siti di diverso livello; se tira da luoghi più alti, sarà maggiore la velocità, e la forza colla quale le bombe percuotono; e sarà l' urto minore se si tira da luoghi di inferior livello di quello, in cui sono le volte. Quindi dovrà tenersi conto di sì fatte diversità nella costruzione delle volte a pruova di bombe.

112. Or se si consideri l' urto diretto delle
Fig. 18. bombe sulle volte, e sia MNS una volta circolare, e RN sia la parte percossa, questa agirà per mezzo di un cuneo, la cui testa è RN, e le facce vengon determinate da' raggi R D, N D. Se dunque si divida R N in due parti uguali in Q; nel caso dell' equilibrio, sarà la forza percussiva sulla parte RQNP alla forza esercitata da una faccia del cuneo contro una parte resistente, come QN : ND; e perciò se si abbiano due volte circolari di diverso diametro, e vengano percosse da due bombe dello stesso calibro, e colla stessa velocità; essendo la parte percossa RN sempre la stessa; saranno

ranno le forze efercitate dalle facce de' cunei nella ragione delle facce iſteſſe, o ſia de' raggi, co' quali ſono le volte deſcritte. Ma qualora la tenacità della fabbrica, in due ſi fatte volte, è la ſteſſa, ſupponendo i piè diritti ſtabili, la reſiſtenza è proporzionale alla groſſezza. Quindi acciocchè due volte circolari ſieno ugualmente reſiſtenti alla ſteſſa percoſſa, debbono le groſſezze delle medeſime eſſer proporzionali ai raggi, co' quali ſi deſcrivono.

113. Allorchè poi la volta ſia ellittica elevata QCNO, ritrovando i raggi oſculatori ne' diverſi punti C, F, G, N; ſe ſi facciano HC, FK, GL, NM perpendicolari alla curva, e proporzionali ai corriſpondenti raggi ſuddetti, la linea, che paſſerà per gli eſtremi de' medeſimi, determinerà il dorſo eſteriore della volta ugualmente reſiſtente da per tutto, non oſtante, che le groſſezze da H in M, vadano ſempre decreſcendo. Ma ſe il dorſo ſia QPLO parallelo alla curvatura CGN, ed LG ſia la groſſezza neceſſaria per reſiſtere alla maſſima percoſſa; ſarà la reſiſtenza da L verſo O eccedente, e verſo Q anderà decreſcendo, quanto più ſi conſidera vicino allo ſteſſo punto. Fig. 25.

114. Or ſiccome tra' raggi de' cerchi oſculatori dell'arco elittico CN, ſe ne ritrova uno, che è uguale al ſemiaſſe XC, dell'elliſſe; così ſe il punto, in cui detto raggio l'incontri ſia G; la groſſezza della volta GL ſarà uguale a quella di una volta circolare, il cui raggio è XC. Quindi la volta ellittica da L in O ſarà più reſiſtente della circolare, e da L in Q più debole; poichè nel primo caſo i raggi de' cerchi oſculatori ſono minori di XC, e nel ſecondo ne ſono maggiori. Se però nella volta ellittica ſi rinforzano i fianchi dal L in Q, continuando ad innalzare a piombo i piè diritti verſo la parte eſterna ſino in L; ſarà la medeſima più reſiſtente di una circolare della ſteſſa groſſezza. Infatti ſe è coſtruita ne' ripari, viene ricoperta ne' fianchi, ed eſpone il ſolo vertice, in cui è più reſiſtente della volta circolare. Se poi ha una copertura per piani inclinati, come negli edifizj iſolati avviene, rinforzandoſi nelle parti più deboli, ſi può rendere anche più reſiſtente. Si avverta che nelle volte gotiche, che chiamano in terzo punto, eſſendo il raggio, con cui ſi deſcrivono, uguale ai tre quarti del vano, ſarà

la loro reſiſtenza , riguardo alla percoſſa delle bombe , a quella delle volte circolari come 2 : 3 ; onde ſono di queſte, e dell' ellittiche, meno reſiſtenti .

115. Per determinar poi la groſſezza delle volte, che reſiſtono alle percoſſe delle bombe, uopo è di ricorrere alle oſſervazioni fatte in tempo di aſſedj . Allorchè le bombe ſono ſtate tirate all' iſteſſa orizzontale , ſu volte a botte circolari , non vi hanno prodotto nè rottura , nè feſſura , ſemprecchè la loro groſſezza è ſtata il ſettimo del vano , e queſto ſia ſtato della larghezza di piedi 18 fino a 25 ; e di più la fortezza non ſia in luoghi molto freddi , ne' quali è ſtata neceſſaria la groſſezza di un ſeſto , ed alle volte anche di un quinto . Per la qual coſa ſi può ſtabilire per approſſimazione la groſſezza delle volte circolari un ſeſto del diametro , acciocchè ſi rendano reſiſtenti all' urto delle bombe ; e per le coſe dette , ſi può anche determinar la groſſezza nelle volte ellittiche .

116. Qualora le volte ſono di piccola larghezza , ſi deve la groſſezza accreſcere , poichè ſi manifeſta una ſcoſſa maggiore ; come altresì

augumentar si deve, se la detta larghezza supera di molto i piedi 20 (n. 206.) Se le volte son costruite su alture, se ne potranno minorare le grossezze; le quali si potranno accrescere, qualora sieno in siti più bassi (n.205.) Si avverta, che se sieno i materiali di scarsa tenacità, nè altri aver se ne possano; non formando in questi casi la volta colla copertura un corpo molto resistente, si potrà coprire con terra per non esporla all' urto immediato delle bombe, venendo sì fattamente a rendersi poco sensibile. Nelle piazze costruite in pianure, si soprapponga alle volte la terra dell'altezza di piè $3\frac{1}{2}$ in 4; si accresca allorchè potrà esser bersagliata da sito eminente; e si minori qualora le bombe provenir possano da siti più bassi.

117. Per determinare finalmente la grossezza delle mura, che fanno l' offizio de' piè diritti delle volte, che hanno a resistere all' urto delle bombe, ricorrer conviene anche alle osservazioni. Da queste si è rilevato, che essendo la fabbrica di considerevole tenacità, si può la detta grossezza determinare colla formola stabilita (n. 87.), non mettendo però

rò a calcolo la tenacità in favore de' piè diritti, ſempre che ſi tratti degli edifizj grandi, come ſono gli alloggi de' ſoldati, dello ſtato maggiore ec. Negli edifizj poi piccoli, come ſono i magazzini a polvere, i muri ſi debbono determinare in groſſezza colla detta formola, rinforzando con 3, o 4 controforti ciaſcun di eſſi, mentre in edifizj sì fatti, ſecondo coſta dalle oſſervazioni, ſi manifeſta una ſcoſſa maggiore.

118. Il Sig. Vauban diede per la coſtruzione de' magazzini a polvere, le ſeguenti dimenſioni. La lunghezza è di 10. teſe, e la larghezza di teſe 4 ed un piede, non computando le larghezze delle mura. Ai fondamenti dà la larghezza di 9 in 10 piedi, e li profonda, ſecondo richiede la natura del terreno. Su queſti fondamenti ſi elevano i piè diritti, o ſieno le mura della larghezza di 8 in 9 piedi, e dell' altezza di 8, de' quali due reſtano al di ſotto il piano del magazzino, e 6 dal piano iſteſſo ſino all' impoſta della volta. Le mura poi di fronte, ne' fondamenti ſono larghi piedi 5, e ſopra di eſſi 4; e ſono alti in modo, che ſi uniſcono colla copertura, che a

guiſa di tetto ſi fa ſopra i magazzini. La volta è ſemicircolare, e nella ſchiena è groſſa 3 piedi, ed è coperta con fabbrica maſſiccia, che procede per piani inclinati, i quali ſi uniſcono nel vertice, formando un angolo alquanto maggiore del retto.

119. Aggiugne a ciaſcuno de' lunghi lati di un sì fatto magazzino quattro controforti, le baſi de' quali ſono della larghezza di piedi 6, e della lunghezza di 4; diſtano poi l'uno dall' altro per piedi 12. Nelle parti delle mura, che frammezzano tra i controforti, vi ſono alcune aperture per farvi entrare l'aere, ricoprendole però dalla parte interiore, ed eſteriore, con laſtre di ferro perforate, e con reti minutiſſime di fili di rame. Per illuminare sì fatto magazzino ſi fanno due fineſtre ne' muri di fronte. Per impedire poi, che non ſi approſſimi perſona a detto magazzino, a 12. piedi di diſtanza dalle mura, che il formano, coſtruiſce un altro muro della groſſezza di un piede e mezzo, e dell'altezza di 9. in 10.

120. Il Belidoro, dal quale ſi rapporta la ſuddetta coſtruzione, cambia la ſituazione de' controforti, formandoli in modo, che abbiano

le

le baſi della lunghezza di *6.* piedi , e della larghezza di 4; affinchè le potenze reſiſtenti oppongano uno sforzo maggiore contro l' urto della volta, e delle percoſſe delle bombe. Stima inoltre, che de' controforti ſe ne accreſca il numero , per ciaſcun lato , fino a 5 , con minorare però la larghezza delle mura ſino a piedi *6.*, laſciando ſempre le fondamenta larghe , ſecondo ſtabiliſce il Vauban.

121. Lo ſteſſo Belidoro aſſicura, che i magazzini ſecondo la coſtruzione di Vauban , ſi ſono ſperimentati reſiſtenti alle percoſſe delle bombe. Infatti egli rapporta , che ſu di un magazzino conſimile, nella piazza di Landau, vi colpirono 80 bombe, ſenza che ſi foſſe nè nella volta , nè ne' piè diritti, ravviſata feſſura alcuna. Lo ſteſſo ſi oſſervò ne' magazzini di Ath , e di altre piazze. Rapporta anche che ſu due magazzini della piazza di Turnay, vi colpì un numero aſſai grande di bombe, ſenza che ne ſoffriſſero danno; e che per contrario altri magazzini coperti con volte in terzo punto, furono rovinati da tre , o quattro bombe , tuttocchè ſi ritrovaſſero coperte con terra da più di 40. anni.

CAP.

CAP. IV.

Della conoſcenza, e della ſcelta de' materiali; e della compoſizione di alcuni de' medeſimi, allorchè ſi abbiano ad impiegare nella coſtruzion delle fabbriche.

ARTICOLO I.

Si rileva la neceſſità di ben conoſcere i materiali, de' quali ſi fa uſo nella coſtruzion delle fabbriche, e ſe ne diviſano le diverſe ſpecie.

122. NE' diverſi Articoli del Cap. III. ſi è trattato della maniera di render reſiſtenti le mura degli Edifizj Militari, prendendo di mira il fine, pel quale ſi coſtruiſcono. Or in determinare le reſiſtenze delle additate mura, ſi ſono fatte due ſuppoſizioni; cioè che la fabbrica ſia di ottima qualità; e che il ſuolo, ſu cui poggiano le mura, ſieno ſtabili. Conviene quindi render reali sì fatte ſuppoſizioni, affinchè ſi poſſano coſtruir reſiſtenti gli Edifizj.

123.

123. Esaminando un Edifizio qualunque, si rileva ch' è un ente composto di parti di natura diversa, che diconsi materiali. Sarebbe vantaggioso per la solidità di un Edifizio, che i materiali della stessa specie fossero egualmente resistenti. L' esperienza intanto fa conoscere che variino in diverse Regioni non meno, che in un istesso Paese; e che l' additata solidità dipenda in buona parte dalle proprietà fisiche, di cui ciascun materiale è fornito, e dalla proporzionata composizion de' materiali medesimi. Quindi si rende necessaria la conoscenza di sì fatte cose, per poter venire alla scelta de' materiali, ed all' adequata distribuzione, e connessione de' medesimi riguardo all' uso, che convien farne, acciocchè si ottenga tra le parti che l' Edifizio costituiscono, quell' equilibrio, e quella stabilità necessaria per andare incontro alle scosse naturali ed artificiali, al proprio peso, all' uso, al quale servono, al fuoco, all' aria, ed a tutte le altre cagioni, che possono produrne la rovina.

124. I materiali i più essenziali, de' quali si debbono sapere, e distinguere le proprietà, e l' uso per le fabbriche militari, sono; la cal-

calcina; l' arena; il geſſo; le pietre; i mattoni; il ferro; ed il legname. Sarebbe a deſiderarſi, che i Fiſici metteſſero in chiaro molte coſe circa la ſcelta, e la conneſſione de' deſcritti materiali, che tuttavia rimangono oſcure dopo tanti Secoli che ſi fabbrica; poichè non è ſempre ſicuro il conſultarne le relazioni popolari. I pregiudizj, che occupano ſovente una Nazione, e vie più il volgo, poſſono eſſer ſorgenti di gravi errori.

ARTICOLO II.

Si eſaminano generalmente le proprietà fiſiche de' materiali, che s' impiegano nella coſtruzione delle mura.

125. NElla coſtruzione delle mura s' impiegano le pietre da murare; le altre da formar la calcina, e 'l geſſo; l' arena o ſia ſabbia; l' argilla, ed i mattoni, che da queſta ſi formano. Sì fatti materiali ſono formati o dalla Natura, o dall' Arte imitatrice della medeſima. Comunque ſi ſieno, ſono ſempre formati

mati dalle diverſe qualità di terra, le cui particelle eſſendo fornite di un certo glutine, ſi uniſcono per mezzo dell' azione del fuoco, e dell' acqua. Le proprietà adunque, che convengono alle diverſe terre, convenir debbono altresì a' materiali, che da queſte ſi compongono.

126. Le terre quanto all' uſo delle fabbriche, ſi poſſono diſtinguere in quattro claſſi. La prima comprende le terre calcaree aſſorbenti, ed alcaline: la ſeconda le geſſoſe: la terza le vetrificabili: e la quarta le argilloſe. Or delle pietre alcune ſi ravviſano ſenſibilmente formate da una ſola qualità di terra, e diconſi *pure*; ed altre eſſendo formate da due o più delle dette claſſi, diconſi compoſte. Le vere pietre calcaree ſono formate dalla ſola terra calcarea aſſorbente, e ſi manifeſtano ſotto aſpetto diverſo. Di sì fatta natura ſono le pietre da taglio per murare; quelle che diconſi volgarmente da calcina; ed i marmi di differente ſpecie. Il più ſovente avviene, che le pietre calcaree ſono compoſte da più claſſi di terre, quantunque la parte maggiore ſia la calcarea. Le prime ſono più dure, che le altre;

tre ; e quindi più atte nella coſtruzion delle mura, ed in formare la calcina ſoprattutto.

127. Le pietre calcaree non ſi liquefanno, allorchè ſi eſpongono ad un certo grado di fuoco, ma bensì ſi calcinano. I pratici le diſtinguono alla durezza, ed al colore. Le bianche, e le più dure ſono le migliori. Per diſtinguerle con più ſicurezza, è da ſaperſi, che gli acidi hanno grande affinità cogli alcali, e colla terra aſſorbente calcarea, ma non già colle altre qualità di terre indicate. Quindi ſe ſi riduca in fina polvere una parte di qualche pietra, e ſi metta in un bicchiere, ed in queſto s'immerga una quantità di acqua forte: allorchè ſi eccita una efferveſcenza, ſarà certo, che la pietra è calcarea; anzi ſarà queſta più, o meno pura, ſecondochè l' efferveſcenza ſarà maggiore o minore; e qualora non ſi manifeſti efferveſcenza alcuna, la pietra non ſarà affatto di queſta natura.

128. Le pietre geſſoſe ſono compoſte dalla terra di ſimil natura. Si manifeſtano di color bianchiccio, o grigio, e ſono molli. Se non ſi ſappiano diſtinguere colla iſpezione oculare; ſi riduca una porzione di sì fatte pietre in pol-

vere

vere molto fina : e ſi ammaſſi con una data quantità di acqua ; ſe la materia , che ne riſulta , diviene conſiſtente in poche ore , la pietra ſarà ſicuramente geſſoſa .

129. Le terre vetrificabili ſi diſtinguono in due claſſi ; in ſemplici , come ſono tutte le ſpecie di arena fina , e groſſolana bianca o colorita comunque ; ed in compoſte , come ſono l' argille ordinarie . Quindi le pietre che ſono compoſte da sì fatte terre , ſi diſtinguono nella ſteſſa guiſa . Tra quelle , i cui componenti ſono ſemplici , ſi annoverano le pietre ſabbioſe ; quelle da affilare ; i ciottoli , che ſi impiegano a laſtricare le ſtrade ; le ſelci di qualſivoglia colore ; le pietre a fuoco ; le minerali , l' agata , il porfido , e la maggior parte delle pietre prezioſe . Le altre poi che ſon compoſte , comprendono tutte le pietre formate dalle argille ordinarie , e le altre che diconſi pomici .

130. Per ben diſtinguere le pietre vetrificabili , allorchè non ſia poſſibile colla iſpezione oculare , ſi ricorra a' ſeguenti modi . I. Se non ſono diſciolte da acido alcuno . II. Se , eſſendo eſpoſte a ſufficiente grado di fuoco , non

ſi ri-

ſi riducano nè in calcina, nè in geſſo, tuttochè divengano frangibili. III. Se, percoſſe coll' acciarino, caccino fuori delle ſcintille. IV. Se meſcolate con una picciola quantità di alcali, ed eſpoſte al fuoco, ſi cambino facilmente in un vetro molto traſparente; poichè le altre materie non ſi vetrificano, che con una maggior quantità di alcali, e ad un fuoco violento; e 'l vetro, che ne riſulta non è mai traſparente.

131. Le pietre vetrificabili ſono di diverſa ſpecie, ſecondo che variano le parti componenti. In fatti molta differenza ſi ravviſa tra le ſabbie de' fiumi, de' laghi, delle paludi, del mare, e delle cave; onde variano anche le pietre che ſe ne compongono, a cagione altresì della figura, e della picciolezza delle arene, che conferiſcono molto a formare un compoſto più o meno compatto.

132. L' argilla, dalla quale ſi formano i mattoni, ſi trova e ſulla ſuperficie terreſtre, e nelle ſue viſcere, ove è ſovente meſcolata con ſoſtanze minerali. Le argille ſi rinvengono ancor miſchiate col fango, o ſia terra da pentola. Le proprietà della vera argilla, ſono:

no: la viſcoſità ; la mollezza ; la morbidezza nel tatto ; l' attaccarſi facilmente alla lingua ; l' attrarre che fa delle materie craſſe ; e finalmente la facilità di ſcioglierſi in breve tempo nell' acqua , ed in parti minutiſſime . Da queſt' ultima proprietà ſi rileva , che l' argilla ſi poſſa agevolmente ſeparare dalle materie groſſolane , ed eterogenee colle quali ſi ritrova unita , col ſolo mezzo dell' acqua . Qualora poi le ſteſſe materie eterogenee ſieno anch' eſſe molto fine , allora rendeſi difficile la ſeparazione additata ; onde derivano le qualità diverſe dell' argille .

133. La diverſità , che ſi oſſerva ne' colori dell' argille , è il più ſicuro diſtintivo delle qualità delle medeſime . Le bianche ſono da preferirſi alle altre , poichè ſono le più depurate . Le colorite ſono ordinariamente quaſi che tutte impregnate di particelle ferruginoſe , e variano di qualità , ſecondo che varia la finezza delle parti componenti . Il glutine poi che ſi oſſerva nelle materie argilloſe , le diſtingue ſempre più dalle altre materie ; poichè è diverſo da quello che trovaſi ne' vegetabili , negli animali , e ne' minerali , ed in eſſo ſi

contiene del ſalſo, ed anche dell' infiammabile, quando che in quello dell' argilla manca l'una, e l'altra qualità. Da un glutine sì fatto deriva la facilità, che ſi ha di poter convertire con poca acqua, una quantità di argilla, in una materia molto trattabile.

134. Quanto all' argille è inoltre da notarſi; che ſe le bianche miſchiate con un acido, producano efferveſcenza, ſaranno le ſteſſe unite con terre calcaree. Lo ſteſſo deveſi dire delle argille colorite, qualora l' efferveſcenza ſia molto ſenſibile; ma ſe queſta ſi oſſervi molto debole, è ſegno che abbonda di parti ferruginoſe groſſolane; e minutiſſime ſaranno queſte parti, ſe non ſi manifeſti efferveſcenza alcuna. Di più l' argilla ha per ſua eſſenzialiſſima proprietà, d' indurirſi più o meno al fuoco, ſecondo che le parti componenti ſono più, o meno fine. L' argilla bianca, e pura impaſtata coll' acqua, e ſeccata all' ombra, non ſi fende facilmente, ancorchè ſia in ſito ventilato. L' argilla ordinaria poi ſi fende di leggieri; ma ſi può andare incontro ad un sì fatto inconveniente, miſchiandola colla polvere, che ſi ricava, peſtando altra argilla già cotta.

AR-

ARTICOLO III.

Della calcina; dell' arena; della pozzolana; *e della compoſizione delle medeſime, o ſia del calceſtruzzo.*

135. LA calcina ſi forma dalle pietre calcaree, delle quali è ſtato detto (n. 126. e 127.), che ſieno le più bianche, le più dure, e le più peſanti, ſoprattutto quando abbia a ſervire per murare, poichè per l' intonaco ſono da preferirſi le meno compatte (1). Vi è chi preferiſce per formar la calcina, le pietre calcaree che ſi eſtraggono dalle cave, o che ſono in luoghi umidi, alle altre (2), poichè ſciogliendo il fuoco le particelle umide in vapori; fanno queſti diſperdere le ſoſtanze ſulfuree; diſciolgono le parti componenti dal vicendevol contatto; e ſi rendon queſte atte per qualunque altra compoſizione. Altri crede

(1) Vitruv. Lib. II. Cap. V.
(2) Albert. Lib. II. Cap. XI.

che si possa ricavare un' ottima calcina dalle pietre molto dure, che trovansi negli alvei de' fiumi (1).

136. Allorchè siasi fatta la scelta delle pietre calcaree, bisogna calcinarle nelle fornaci. In fare una sì fatta calcinazione, devesi badare. I. Che le mura delle fornaci sieno dappertutto coperte di terra, acciocchè il fuoco non perda l' attività sua, anzi sempre più si aumenti. II. Che le pietre che si hanno a calcinare, situate sieno per istrati sferici, de' quali il più vicino al centro sia formato dalle pietre più grosse, e che gli altri gradatamente contengano le meno grosse; lasciando tra le pietre istesse de' sufficienti intervalli, acciocchè penetrando pe' medesimi il fuoco, possa prodursi una uguale calcinazione in tutte le pietre. III. Che le pietre sieno tutte della stessa qualità, acciocchè la calcina riesca migliore; e qualora non sia possibile, si distinguano le pietre ne' diversi strati, per poterle separare dopo che sieno calcinate. IV. Che si faccia uso

(1) Pall. Lib. I. Cap. V.

uſo di legna , e faſcine ſecche per alimentare il fuoco nelle fornaci, il quale non deve eſſere interrotto , poichè altrimente o non ſi ottiene la calcinazione, o ſi ottiene con ſomma difficoltà. V. Che non ſi eſegua la calcinazione in tempi piovoſi, e ventoſi, avendoli l'eſperienza dimoſtrati contrarj, a produrla.

137. Molti ſavj Architetti hanno ſtimato che per produrre la calcinazione, di cui ſi parla, ſia neceſſario che il fuoco ſi alimenti nelle fornaci con efficacia, e ſenza intermiſſione per ore ſeſſanta (1). L'eſperienza intanto dimoſtra che ſi ottiene in tempo minore. Per non errare in sì fatta determinazione, ſi noti, che allora ſe n'avrà una ſicurezza, quando dal buco della fornace eſce fuori un fuoco vivo ſotto la figura di un cono, ſenza notabile meſcuglio di fumo ; e che le pietre ſi oſſervano bianche, e riſplendenti.

138. Gli Architetti danno le ſeguenti regole per ben conoſcere, ſe la calcina ſia ben

(1) Alb. Lib. 1. Cap. XVII.
Pall. Lib. III. Cap. IV.

cotta, e di buona qualità. I. La ſua gravità dev' eſſere a quella della pietra, donde ſi è prodotta, nella ragione di 2 : 3. (1). II. Dev' eſſere bianca, leggiera e ſonora; ed allorchè vien ſpenta coll'acqua, eſalar deve un denſo, e copioſo fumo, e deve crepitare (2). III. Deve aſſorbir molt' acqua, allorchè ſi ſpegne; e ſpenta attaccar ſi deve alle pareti del recipiente. IV. Dev' eſſere frangibile, e di un ſapore acre, e cauſtico.

139. La pietra calcarea, eſſendo cotta, e calcinata nelle fornaci, diceſi *calcina viva*. Per farne uſo nel murare ſi toglie dalle fornaci, ſubito che ſiaſi raffreddata, e di poi ſi ſpegne, e ſi conſerva immediatamente, acciocchè non eſali porzione de' ſali volatili, da' quali riceve vigore. In iſpegnerla, è neceſſario uſare quella quantità di acqua, che può ridurla in minuta polvere; nè ſi deve immerger l'acqua nella calcina tutta in una volta, acciocchè non rimanga ſoffogata, e le parti interne non reſtino

(1) Alb. Lib. II. Cap. XI.
(2) Boeckler. *In Not. ad Pal.* Lib. I. Cap. V.

ſtino ſpente ; potendo queſte colla loro effervescenza danneggiare le fabbriche. Deve inoltre impiegarſi l' acqua pura, e non mai quella che ſi raccoglie dalle lave, poichè eſſendo queſte pregne di materie craſſe, impediſcono che le parti della calcina ſi uniſcano tra ſé, e cogli altri corpi in un perfetto contatto. Sarà poi la calcina ben ſpenta, quando ſi riduce in una paſta molle, in cui ficcandoſi un coltello, non s' incontra ſenſibile reſiſtenza.

140. La calcina viva, rimanendo lungo tempo eſpoſta all' aria, ſi ſpegne altresì, ma perdendo tutti i ſali ch' ella contiene, non è atta più alla coſtruzion delle mura. Da queſta coſtante eſperienza ne ſegue. I. Che nel ricevere la calcina viva, ſi ha a rigettar quella in polvere, quando poſſa eſſere eſtinta nell' aria. II. Che quella, che ſi riceve in pietra, ſi deve ſubito far ſpegnere coll'acqua. E III. che nell' atto che ſi ſpegne la calcina, proccurar ſi deve che non ſi diſperda il fumo, che s'innalza nel tempo dell' efferveſcenza, acciocchè non perda i ſali, che vi ſi contengono.

141. Dopo che la calcina ſi ſia ſpenta, ſi deve per un dato tempo conſervare in un re-

cipiente murato, e ſcavato nella terra; ed indi coprirla con arena per l'altezza di un piede e mezzo ad un di preſſo, affinchè ſi ſtemperi ſempre più, ed acquiſti maggior conſiſtenza. Preſſo gli Antichi, al riferir di Plinio, vi era una legge, colla quale veniva proibito di far uſo della calcina ſpenta, prima che non ſi foſſe conſervata per anni tre; nè mai fu impiegata prima de' due anni.

142. L'eſperienza ha fatto conoſcere molte altre proprietà della calcina convenienti alle fabbriche. La calcina lavata, ſpogliandoſi de' ſuoi ſali, non è più atta ad indurirſi, come ſi vede nelle fabbriche. La calcina ſpenta, ſe ſi eſpone ad un fuoco vivo, ritorna a calcina viva, e ſi ſpegne facilmente nell' aria; onde avviene che le mura delle caſe, che ſoffrono un incendio, ſi riducono in minuti pezzi ſubito che l' aria vi abbia agito in pochi giorni, giacchè la calcina ravvivata, ſi ſpegne di nuovo. La calcina miſchiata coll' arena nel tempo della ſua efferveſcenza, ſe ſi pone immantinente in opera ne' ſiti molto umidi, diviene duriſſima in poco tempo, e la durezza creſce in ragione dell'attività della calcina viva.

143.

143. Quanto all' arene ſe ne ſono additate le qualità (n.129.) Per l'uſo che delle medeſime ſi ha a far nelle fabbriche, ſi deve eſſer ſicuro, che ſia l' arena di materia vetrificabile, e la più pura che ſia poſſibile. I periti nell' arte di fabbricare, ſcelgono quella che è fornita delle ſeguenti qualità. I. Se ſtrofinata tra le mani, fa ſtrepito. II. Se poſta ſu di un panno bianco, non vi laſcia ſegni di lordura. III. Se agitata nell' acqua, non la rende torbida. IV. Se laſciata per un dato tempo all' aere aperto, non produce muſco. Quando le arene ſono accompagnate dall' additate qualità, ſono atte ad una perfetta unione, e compoſizione.

144. Le arene ſono di color diverſo; delle bianche non è da farne uſo, ſecondo avvertono i più ſavj Architetti (1), poichè le ſuperficie delle medeſime ſono levigate, e prive di aſprezza (2). Le arene di cava ſono da pre-

fe-

(1) Pall. Lib. I. Cap. IV.
(2) Wolf. *Element. Arch. Civ.* Cap. II.

ferirſi a quelle de' fiumi, tuttochè ſi ſperimentino in amendue le ſteſſe proprietà. Si dà alle prime la preferenza; I. Perchè quelle di fiume ſono ſempre meſcolate con materie craſſe, e limaccioſe, che le rendono poco atte ad una perfetta liga. II. Perchè pel lungo, ed irregolare movimento, in cui ſono ne' fiumi, prima che ſi depongono alle rive, perdono la neceſſaria ſcabroſità, e rendonſi levigate in modo, che non più ligano colla calcina. Volendone quindi far uſo, ſi debbono lavare per andare incontro al primo difetto; e lo ſteſſo deveſi praticare altresì in adoprar le arene di lave.

145. E' poi da rigettarſi l' arena di mare; poichè coſta dalle oſſervazioni, che il ſale marino facilmente s' imbeve dell' umidità, e con ſomma difficoltà ſe ne ſpoglia. Conſerva quindi l'umido, e di più una certa materia ſalſa, ed oleoſa; onde avviene, che adoprando queſta arena nelle fabbriche, le mura difficilmente ſi aſciughino, e gl' intonachi ſi fendono. Gli Antichi non ſe ne ſervirono per sì fatte ragioni, ed in qualche caſo di neceſſità l'adopra-

pravano dopo di averla ben bene lavata coll' acqua dolce (1).

146. Dalle oſſervazioni ſi è rilevato, che i granelli di mezzana grandezza, nelle arene della ſteſſa ſpecie, producono nelle fabbriche una conſiſtenza maggiore. Di più è certo che quella groſſezza di granelli, che ſi ſperimenta vantaggioſa per una ſpecie di arena, non ſi oſſerva del pari vantaggioſa per tutte le altre. Quindi dovendoſi intraprendere una fabbrica d' importanza, dopo che ſi ſia ſcelta l' arena la più pura, ſarebbe da determinarſi di qual groſſezza eſſer ne debbano i granelli, per produrre nelle mura la maggior conſiſtenza, e quindi ſepararne i più groſſi non meno, che la terra molto fina e craſſa per mezzo di gratticci di filo di ferro.

147. Oltre dell' arena, ſi fa uſo nella compoſizione della calcina che s' impiega nella coſtruzion delle mura, la quale in appreſſo ſarà ſempre denominata *calceſtruzzo*, di una certa terra, o ſia di una ſpecie di polvere, che diceſi

(1) Vit. Lib. II. Cap. IV.

ceſi *pozzolana* (1). Si crede comunemente, che la pozzolana ſia un' arena preparata da' fuochi ſotterranei, i quali diſperdendo colla loro azione le particelle acquoſe, le ſulfuree, e le oleole, e craſſe, rendono l' arena ſteſſa aſpra, e leggiera a guiſa di pietra pomice, e perciò molto atta per le fabbriche (n. 143.) Vi è chi crede che poſſa eſſere una materia eruttata da' Vulcani, poichè è ſtato oſſervato, che la cenere da' Vulcani eruttata, dopo lungo tempo ſi converte in pozzolana (2).

148. La pozzolana ſenza dubbio è il miglior componente per formare un ottimo calceſtruzzo da impiegarſi dentro e fuori terra, e ſoprattutto nell' acqua e ne' luoghi umidi. Coſta dall' eſperienza che il calceſtruzzo formato con buona calcina, e con pozzolana s' indura, e ſi conſolida in poco tempo talmente, che

(1) Si chiama *pozzolana*, non perchè ſi trovi ſcavando de' pozzi, ma perchè la prima cava della medeſima, ſi ritrovò in Pozzuoli. In fatti Sidonio Apollinare la chiama *Dicarchea*, poichè queſta parola eſprimeva l'antico nome di Pozzuoli.

(2) Si legga la nota 2. a pag. 63. che il chiariſs. Marcheſe Galiani fa al Cap. VI. del Lib. II. di Vitruvio tradotto da eſſo lui in lingua italiana, ed arricchito di dotte annotazioni.

che uguaglia la ſolidità della pietra mediocremente dura, ſe s' impiega fuori acqua. Ne' ſiti acquoſi s' indura di più, ed uguaglia in durezza le più dure pietre (1). E' ottima altresì allorchè ſi meſcola colla calcina ben ſpenta per fare gl' intonachi delle ciſterne, e per ricoprire i coperti fatti di muro in tutti gli alloggi militari.

149. La pozzolana fu nota a' tempi di Vitruvio nel Regno di Napoli, e ſpecialmente ne' contorni di Baja, e negli Antichi Municipj de' Romani Ercolano, e Pompei. Se ne ſcovrirono in ſeguito altre cave in Italia, delle quali la migliore è quella di Civita Vecchia. Per abuſo in Napoli ſi chiama pozzolana ogni ſorta di arena, la quale ſi ritrova dapertutto ſcavando de' pozzi; ma che non è fornita delle ſteſſe qualità dell' altra, e con ſpecialità pe' lavori ſotto acqua (2).

150.

(1) Si legga Vit. Lib. II. Cap. VI.
Plin. Lib. XXXV. Cap. XIII.; parlando della pozzolana meſcolata colla calcina, dice che forma una materia *inexpugnabilem Undis*.
Senec. *Quæſt. Nat. Lib. III.* dice, *Puteolanus pulvis ſi aquam attingit, ſaxum fit*.
(2) Gal. Not. a Vitr. Lib. II. Cap. VI.

150. Vi ſono altre materie diverſe dalla pozzolana, le quali meſcolate in modi diverſi colla calcina, formano un' efficace liga. Preſſo il baſſo Reno vi è una ſpecie di terra che cotta, e ridotta in polvere, produce meſcolata colla calcina, nelle fabbriche ſott' acqua, gli ſteſſi effetti della pozzolana. Con polveri diverſe ſi formano diverſe altre compoſizioni, che lungo ſarebbe il volerle quì rapportare, ma legger ſi poſſono preſſo altri Autori (1).

151. Quanto alla formazione del calceſtruzzo, nulla di coſtante può determinarſi intorno alle proporzionate quantità delle materie, che il compongono; poichè una determinazione sì fatta dipende dalla loro diverſa qualità, la quale è determinabile ſolamente ſul fatto. Ordinariamente nella compoſizione del calceſtruzzo ſoglionſi prendere una parte di calcina di ottima qualità, e tre parti di pozzolana, o di arena di cava; ed eſſendo la calcina mediocre, ſi prendono una parte della ſteſſa, e due di pozzolana, o di arena di cava; e lo ſteſſo

si

(1) Belid. *Science des Ing.* Lib. III. Cap. IV.

ſi pratica qualora convenga far uſo di arena di lava, o di fiume che ſia però lavata. Volendo dare una regola più generale: l' arena non dev' eſſere minore del doppio della calcina, nè maggiore del triplo, e varieranno le proporzioni tra queſti limiti, ſecondo la qualità diverſa della calcina non meno, che dell' arena.

152. L' acqua che ſi deve impiegare nella formazione del calceſtruzzo, dev' eſſere chiara, e ſpogliata da qualunque materia terrea ſenſibile, poichè è queſta contraria alla conſiſtenza delle parti componenti le mura. Quantunque le acque minerali, e marine ſiano generalmente ſvantaggioſe per l' additato uſo; pure l' eſperienza ha dimoſtrato, che in alcuni luoghi le acque del mare abbiano prodotto un buono calceſtruzzo. Forſe ciò è addivenuto a cagion dell' ottima calcina, o dalla qualità de' ſali, e delle altre materie, delle quali poſſono eſſer pregne le acque del mare; onde qualora ſia neceſſità far uſo di queſte, biſogna accertarſi dell' eſito coll' eſperienza.

153. La quantità poi di acqua da impiegarſi nel calceſtruzzo, ſarà regolata dall' uſo, che

del

del medeſimo ſi ha a fare. Nelle mura di pietre, il calceſtruzzo dev' eſſere come una paſta molle: in quelle di mattoni, dev' eſſere quaſi che liquido, e ſeparato da ogni materia groſſolana; e queſt' avvertenza uſar ſi deve ſoprattutto nella coſtruzione delle volte. Quanto poi alla formazione del calceſtruzzo, deveſi avvertire: che la calcina ſpenta, ſia ben meſcolata ſenza far uſo di acqua; la quale vi ſi getti di poi, e ſi ritorni a meſcolare ſino a che le ſue parti ſiano divenute ſtemperatiſſime. Ridotta che ſia sì fattamente la calcina, vi ſi uniſca l' arena nella quantità additata (n.151.) e ſi confondano indi i differenti componenti in guiſa, che ſi ravviſino eſattamente framiſchiati, ed uniti.

154. La ſuddetta pratica operazione è aſſolutamente neceſſaria. Infatti colla medeſima, i ſali acidi delle arene, che ſono ſolidi forniti di punte, entrano negli alcali della calcina che ſono poroſi, ne cacciano l' aria, e producono pel mezzo dell' acqua una efferveſcenza. Queſta aſſottiglia le parti terree, e fa che il calceſtruzzo s' intrometta più facilmente ne' pori delle pietre. Sedata poi l' efferveſcen-

ſcenza , gli anzidetti ſali ſi riducono ad un perfetto contatto , e riſulta tra il calceſtruzzo, e le pietre una perfetta coeſione , e ſi rendono le mura più conſiſtenti .

155. Quanto al calceſtruzzo , per l' uſo diverſo, che ſe ne può fare , ſi deve avvertire. I. Che non ſi meſcoli nell' attuale ſua formazione , della terra , poichè queſta impediſce l' unione tra le parti che il compongono , e la liga che lo ſteſſo deve fare colle pietre . II. Che dovendoſene far uſo ne' ſiti acquoſi , ne' quali l' acqua , quantunque non ſia in gran quantità , pure ſia valevole a diſcomporre la fabbrica , prima che ſia conſolidata , ſi può adoprare la calcina viva , la quale meſcolata coll' arena allorchè ſi bagna , ſi metta in opera nell' atto che dura l' effervescenza ; poichè sì fatta compoſizione s' induriſce facilmente , ed in breve tempo ſi rende atta a reſiſtere all' acqua . III. Che dovendoſi fabbricare in ſiti di acqua ſtagnante , ſi formerà il calceſtruzzo con calcina ſpenta nel modo additato (n.139. a 141.), e con pozzolana ; e qualora queſta manchi , ſi farà uſo di arena pura , e vi ſi meſcolerà una data quantità di calcina viva ;

e ſi porrà in opera nell' atto dell' efferveſcenza. IV. Che qualora l' acqua è corrente, ed in continuo movimento, ſi deve far uſo del calceſtruzzo formato di calcina viva, e di pozzolana, e ſi metterà in opera durante l' efferveſcenza. Nel caſo, di cui ſi parla, ſi può fare altresì uſo del calceſtruzzo formato di calcina ſpenta, e di pozzolana, con meſcolarvi della calcina viva di freſco cotta, e ridotta in minutiſſima polvere, nell' atto che ſi deve mettere in opera. La quantità di queſta ſi varierà, ſecondo n' è diverſa la qualità. Un sì fatto calceſtruzzo lega indiſſolubilmente le pietre di figura, e qualità diverſe, e forma degli ammaſſi impenetrabili dall' acqua (1).

156. Per l' intonacò delle ciſterne ſi fa uſo di una compoſizione di calcina forte, e ſpenta, di pozzolana, e di altre materie, tra le quali è da preferirſi il tartaro di botte. Si fa anche uſo di limatura di ferro, e di altre materie ferruginoſe; ma ſiccome poſſono queſte pro-

dur-

(1) Si legga la Memoria del Sig. Le Riot pubblicata in Parigi nel 1774. col titolo. *Decouvert dans l' Art de batir.*

durre della ruggine, così col tempo si vanno a sciogliere dagli altri componenti. Finalmente si farà uso del calcestruzzo formato di calcina ben spenta, di arena, e di gesso, ovvero di puro gesso con acqua, in quelle parti interne di un Edifizio, che si vogliono far asciugare al più presto, che sia possibile.

ARTICOLO IV.

Del gesso, delle pietre, e de' mattoni.

157. SI è additata (n. 128.) la maniera di conoscere le pietre gessose; le quali riduconsi poi in gesso ne' seguenti modi. I. Si riducano le pietre suddette in minuti pezzi; si mettano in un forno simile a quello, ove si cuoce il pane, il quale si turi bene; ed allorchè si creda spento ogni calore, si apra e si troveranno le pietre calcinate, e ridotte in gesso atto a farne uso per murare. II. Si possono calcinare, e ridurre in gesso nelle fornaci, nel modo istesso che si è detto delle pietre da calcina; ma il gesso, che se ne trae è

d' inferior condizione dell' anzidetto, poichè le pietre più vicine al fuoco ſi calcinano troppo, e le più lontane poco. III. Si poſſono mettere le materie geſſoſe in una gran caldaja, la quale ſi eſporrà al fuoco, ed in queſta ſi dimeneranno tali materie finchè ſi riducano in una ſpezie di arena; e ſaranno ridotte in geſſo dopo che ſarà ſeguita una ſorta di efferveſcenza. Un geſſo sì fatto è ottimo per gli ſtucchi, e per gli ornamenti di Architettura civile.

158. Il geſſo ſarà ben cotto, ſe meſcolato con competente quantità di acqua, s' induriſce in breve tempo, e ſe, eſſendo duro, e ſi rimeſcoli per la ſeconda volta, non s' induriſca di vantaggio. Deve poi adoprarſi ſubito che ſia cotto; e dovendone far uſo dopo alcuni meſi, ſi ha a conſervare in barili ben chiuſi, e tenuti in luoghi aſciutti. Si deve adoprare nelle parti interne degli edifizj, e non mai ne' ſiti eſpoſti al gelo, poichè non regge all' ingiurie del tempo, ugualmente che la calcina meſcolata con arena. Da quanto ſi è detto di ſopra, ed altrove, ſi rileva che le pietre calcaree differiſcono molto dalle geſſoſe. Infatti la calcina non s' induriſce colla ſo-

la

la acqua, ma vi ſi deve unire l' arena, e vi biſogna del tempo conſiderevole. Il contrario avviene nel geſſo. Di più ſe ſi uniſcano le pietre calcaree colle geſſoſe, e ſi facciano calcinare, nè riſulterà una calcina di cattiva qualità.

159. Le pietre conſiderate come foſſili, ſono ſoſtanze terreſtri penetrate da ſughi diverſi, e indurite da' ſali. Quindi ſerbano le qualità iſteſſe delle materie componenti. Or ſiccome queſte poſſon eſſer varie, o poſſono ricevere infinite modificazioni, così ſi oſſerva che non tutte le pietre abbiano la ſteſſa durezza, e la ſteſſa gravità, e che ſieno altresì di diverſi colori. Lungo ſarebbe il volerne diſtinguere le ſpecie diverſe; onde ſi parlerà ſoltanto di quelle, delle quali ſi fa uſo ſoprattutto nelle fabbriche militari.

160. Allorchè ſi voglia in un dato paeſe giudicare ſulla qualità delle pietre; ſi oſſervi lo ſtato delle fabbriche antiche. Si rileverà che le pietre ſieno di buona qualità, ſe abbiano reſiſtito al carico; ſe non vi ſieno ſtate prodotte fenditure dal gelo; e ſe non ſieno ſtate guaſte dall' aria e dal ſalſo, ſoprattutto ne' ſiti

marittimi. Trattandoſi poi di eſaminare le pietre di una nuova cava, è da ſaperſi. I. Che una pietra ſarà reſiſtente, ſe abbia un colore uguale ſenza vene; una granitura unita; ſe percoſſa, renda un ſuono netto, e diſtinto; e ſe ſotto un dato volume abbia un peſo conſiderevole. II. Reggerà all' ingiurie del tempo; ſe laſciata all'aria aperta ſopra un terreno umido, per un intero inverno, non ſoffra alterazione. (1) III. Non ſarà corroſa dal ſalſo, ſe immerſa nell'acqua forte, non rimanga intaccata. (2) IV. Reſiſterà finalmente alla violenza del fuoco, ſe eſponendovela per qualche ora, non ſi fenda, nè ſi calcini.

161. Coſta dalle oſſervazioni, che le pietre che trovanſi nelle cave, ſono diſpoſte per iſtrati o paralleli, o più ſovente inclinati all'orizzonte; che quelle degli ſtrati più ſottopoſti, ſono le meno dure; che poſte ſu di un piano ſecondo il loro natural letto, reggono ad un peſo maggiore di quello, a cui reggerebbero in

(1) Gli Antichi laſciavano le pietre eſpoſte per due anni all' ingiurie del tempo. Si legga Vit. Lib. II. Cap. VII.

(2) Alb. Lib. II. Cap. VIII.

in ogni altra ſituazione ; e che col rimanere qualche tempo fuori delle cave, acquiſtano un grado maggiore di durezza. Quindi ſegue, che non ſi debbono le pietre impiegare ſubito che ſieno eſtratte dalle cave, anche perchè l'umore di cui ſon pregne, potrebbe, congelandoſi, fenderle ; anzi laſciar ſi debbono eſpoſte a' raggi ſolari per una ſtate intera ; e di poi ſi debbono mettere in opera, ſecondo il naturale letto che aveano nelle cave.

162. Da quanto ſi è detto ſulle pietre in queſto Articolo, e altrove (n.125. a 131.), ſi rileva : che le pietre da impiegarſi nelle fabbriche, ſono le calcaree dure, e le vetrificabili, e che ſe ne debba far la ſcelta ne' modi additati di ſopra. Per la reſiſtenza intanto, che le fabbriche militari debbono opporre e alle cagioni in generale, che tendono alla ruina delle mura (n. 123.), ed all'effetto delle Artiglierie ; ſi deve nelle medeſime far uſo di quelle pietre, che ſono dure, e che poſſono più facilmente eſſer penetrate dal calceſtruzzo, affinchè ſi rendano molto reſiſtenti, e difficile ſe ne renda la ruina. Or le pietre calcaree ſono più facilmente penetrate dal calce-

ſtruzzo, e tra queſte ſono da preferirſi quelle, che ſi ſono tratte dalla ſteſſa cava dell' altre, donde ſi è formata la calcina. Di più ſi avverta, che ſiccome la miglior calcina ſi ha dalle pietre calcaree più dure; così qualora s' incontrano due cave di un' iſteſſa qualità di pietre sì fatte, ma in una ſieno più dure, che nell' altra: impiegar ſi debbono le prime a farne calcina, e le altre per murare, poichè in sì fatta guiſa ſi formeranno delle mura molto reſiſtenti.

163. In mancanza delle pietre calcaree dure, ſi può far uſo delle vetrificabili anche dure. Tra queſte meritano preferenza quelle che hanno una ſuperficie alquanto ſcabroſa, e poroſa, poichè in queſte penetra il calceſtruzzo più facilmente, che nelle levigate. Le pietre geſſoſe, le argilloſe, le talcoſe, e le ſaponacee non ſono da impiegarſi nelle fabbriche, poichè ſono troppo molli, nè fanno liga col calceſtruzzo. Per le fabbriche militari poi non ſi ha a far uſo di qualunque altra pietra compoſta da materie diverſe, e tali, che eſpoſte all' ingiurie del tempo, ſi diſtruggano notabilmente.

164.

164. Molte e diverſe ſono le qualità delle pietre, di cui abbonda queſto noſtro Regno (1). In queſta Capitale ſi fa uſo di pietre di monte, che ſono della ſpecie di tufo, detto da Vitruvio *Cimento Campano*, di colore o biondo ſimile a quello della pozzolana, o cinerino, ma di materia più arida. Il primo fa buona liga col calceſtruzzo; il ſecondo mediocre. Nè l' uno, nè l' altro reſiſtono molto al fuoco, il quale li riſolve in parte arenoſe; e ſono ſoggetti alla corroſione; onde conviene fornire le mura coſtruite di sì fatti materiali, di buono intonaco. Si ha altresì il piperno; queſto non è di ugual conſiſtenza, anzi ſpeſſo in alcune parti ſi ritrova formato da materie arenoſe, e di poca liga. Vi è poi la pietra, che ſi ricava dalle antiche lave del Veſuvio. La medeſima è molto dura; s' impiega per pietre

(1) Dovrebbero gl' Ingegneri Militari eſaminare tutte le pietre, ed arene che ritrovanſi ne' diverſi luoghi del noſtro Regno, ne' quali eſiſtono delle Fortezze; le diverſe argille per la formazione de' matroni; e le diverſe qualità de' legnami. Di quali materie, per iſtruzione della gioventù, avrebbeſene a tenere un eſatto regiſtro colle corriſpondenti ragionate deſcrizioni.

tre da taglio, e per laſtricarne le ſtrade della Città; e ſarebbe attiſſima per le fabbriche militari, ſe la ſpeſa non ne foſſe eccedente.

165. Si ſono (n. 132 a 134) ſpecificate le qualità delle argille. La più pura ſi ha a preſcegliere per formarne de' mattoni. Se ſi trova meſcolata con materie diverſe, ſe ne deve fare la ſeparazione o per mezzo di crivelli, o dell' acqua, giacchè in queſta l' argilla ſi diſcioglie più facilmente, che le altre materie (n. 132.). Se ne debbono ſopratutto ſeparare le materie calcaree, e geſſoſe, poichè qualora i mattoni ſi fanno cuocere, ſi fendono. Minor male vi producono le materie vetrificabili, ed arenoſe, quando non ſieno in gran quantità. Si deve poi l' argilla ſeparata dalle altre materie, impaſtar con acqua ben bene, eſponendone gli ammaſſi per qualche tempo all' aria, affinchè le ſue parti ſi aſſottiglino ſempre più. I pratici conſigliano, che i primi ammaſſi ſi facciano nel meſe di Novembre, e ſi laſcino ſtare per tutto il meſe di Gennajo. I ſecondi meſcolamenti ſi poſſano fare dal meſe di Febbrajo in appreſſo. Nella ſtate ſi convertono per mezzo di forme vacue,

o ſie-

o ſieno modelli, in mattoni, e ſi fanno ſeccare ſenza eſporli agli ardenti raggi ſolari, i quali attraendone l' umido con molta violenza, vi poſſono produrre dalle fenditure.

166. Allorchè nella ſuddetta guiſa ſi ſieno formati i mattoni, e ſieno convenientemente ſecchi, ſi fanno ben cuocere o nelle fornaci, o con formarne degli ammaſſi in forma parallelepipeda, con laſciarvi de' voti ſimili alle gallerie di mine, e degli altri interſtizj, affinchè l' azione del fuoco acceſo nelle ſuddette gallerie poſſa comunicarſi da pertutto. Sono da preferirſi i mattoni cotti nelle fornaci, ſopratutto ſe queſte ſieno coſtruite a volta, ed in maniera, che il fuoco agiſca per tutte le parti. Si conoſcerà poi la buona qualità de' mattoni cotti. I. Se appoggiati co' loro eſtremi ſu due fulcri, reggono ad un conſiderevole peſo. II. Se hanno una leggerezza ſenſibile riſpetto al loro volume. III. Se poſti nell'acqua, non cambiano di colore. IV. Se percoſſi rendono un ſuono acuto ed uguale. V. Se laſciati per un inverno all' ingiurie del tempo, non ſoffrono la menoma alterazione.

167. Gli Antichi fecero uſo di mattoni non cotti

cotti di pura argilla, che peſtavano ben bene, e poi impaſtavano con acqua, e con paglia minutiſſima. Si formavano nell' Autunno, e nella Primavera. Non ſi eſponevano al ſole, e ſi facevano ſeccare all' ombra per due anni. Gli Uticenſi non ne facevano uſo, che dopo anni cinque, e coll' approvazione del Magiſtrato (1). Ne' tempi preſenti ſi preferiſcono i mattoni cotti agli altri, de' quali non ſi fa più uſo, poichè ſono meno compatti, e meno reſiſtenti. I mattoni ſi coſtruiſcono ordinariamente di figura rettangola, ma di dimenſioni diverſe. Sono finalmente atti per formare buone fabbriche; poichè ſono regolari nel peſo; ſono penetrati a ſufficienza dal calceſtruzzo, e reſiſtono al fuoco, ed all' ingiurie delle ſtagioni. Per le fabbriche militari intanto è da farne uſo dopo le pietre dure calcaree, e le vetrificabili, purchè abbiano queſte le qualità additate (n.162 a 164), e ſieno reducibili in figure parallelepipede. Le circoſtanze de' ſiti poſſono far dare diverſa modificazione a quanto

(1) Vitr. Lib. II. Cap. III.

to ſi è detto di ſopra, ſopratutto quando ſi può ottenere un conſiderevole riſparmio.

ARTICOLO V.

Delle più eſſenziali qualità del ferro da impiegarſi nella coſtruzione degli Edifizj militari.

168. NOn è quì luogo di parlare nè del minerale ferreo, nè della maniera di purificarlo, ma ſoltanto di additar le principali proprietà del ferro purificato, acciocchè ſia atto a ſervire nella coſtruzione degli Edifizj militari. Or ſiccome generalmente variano le qualità del ferro, così di varia qualità deve eſſer altresì quello che conviene impiegare a' diverſi uſi de' ſuddetti Edifizj. Quanto alla coſtruzione delle catene, che ſi ſogliono praticare nelle fabbriche per vie più colligarle, delle ferrate, delle grate, e delle bandelle, ſi deve ſcegliere quel ferro, che ha durezza e tenacità inſieme. Sì fatte qualità ſi rinvengono, allorchè nella rottura ſi manifeſta una grana di groſ-

groſſezza ordinaria, e di colore o nero, o bigio tendente al bianco. Dev' eſſere reſiſtente a' colpi di martello, ed alquanto duro al lavoro di lima, ma che ſi poſſa intanto manipolare, e ſtendere per l' uſo conveniente; poichè quello che ſi manifeſta molle allorchè è riſcaldato, diviene frangibile quando ſi raffredda.

169. Il ferro poi da formar ferrami, deve appaleſare nella rottura una gran groſſa di color bianco framiſchiato di nero, e di bigio; poichè il medeſimo ſi manipola con facilità nelle fucine, e ſi può ridurre a quella levigatezza ch' è neceſſaria. In mancanza del ferro di queſta qualità, ſi faccia uſo di quello che ſi oſſerva nero nell' eſtremo della ſezione della rottura, poichè ſi lavora anche con facilità, ſebbene non acquiſti la levigatezza dell' altro.

170. Qualunque ſia poi l' uſo, che ſi abbia a fare del ferro, ſi deve avere come della più infima qualità, quello ch' è frangibile a freddo. Queſto ſuole manifeſtare rompendoſi una grana roſſa, e chiara, ed eſpoſta alla fucina per qualche tempo, va a bruciarſi, a cagion dell' arſenico che contiene. Di cattiva qualità è al-

è altresì quel ferro, che difficilmente può eſſer ſtorto, e raddrizzato a freddo, e che ſi rompe nelle fucine, poichè abbonda di acido di zolfo. Un ferro sì fatto ſi ſperimenta più cattivo, allorchè poſto al fuoco, eſala un odor di zolfo; e percoſſo col martello, manda fuori molte ſcintille.

171. Il ferro ancorchè ſia di ottima qualità, ſi rende inſervibile, ſe rimane per molto tempo eſpoſto all' intemperie delle ſtagioni; poichè a cagione dell'umido, reſta ſpogliato della neceſſaria tenacità, maggiormente ſe nell'umido iſteſſo vi ſi contengono molte parti ſaline. Tutto ciò ſi oſſerva ne' ſiti marittimi. Non ſi deve quindi far uſo di sì fatta ſorte di ferro vecchio in tutto ciò, che può ſervire nella coſtruzione delle diviſate parti di un Edifizio.

CAP.

CAP. V.

Si diviſano i mezzi, che poſſono condurre a ben coſtruire le mura degli Edifizj, ed a ben ſtabilirne le fondamenta . . .

ARTICOLO I.

Della coſtruzione delle mura ſemplici non meno, che delle volte.

172. IL muro è un compoſto di pietre, o di mattoni colligati inſieme per mezzo del calceſtruzzo. La maniera poi, ſecondo la quale i componenti iſteſſi ſi hanno a diſporre, acciocchè un muro divenga ſolido, e bello, ſi dice coſtruzione del muro, la quale ne produrrà la perfezione, qualora ſi ſappia far uſo di buoni materiali, e ſi fabbrichi ſu di un ſuolo ſtabile. Or eſſendoſi trattato della qualità de' materiali nel Cap. antecedente, reſta a dire ſulla coſtruzione delle mura, ſupponendo puranche la ſtabilità del ſuolo.

173. Nella coſtruzione di un muro, ſuppo-

nendo

nendo che il ſuolo ſia ſtabile, e che ne ſia determinata la groſſezza ſecondo che è ſtato additato ne' diverſi Articoli del Cap.III., ſi deve proccurare I. Che il piano ſottopoſto ſia orizzontale, acciocchè il muro graviti ugualmente da pertutto, e ſi abbia quindi un' uguale reazione. II. Che tutto il peſo per quanto in pratica ſia poſſibile, ſia diſtribuito ugualmente tra le parti, che il muro compongono, affinchè ſia queſto equilibrato. Quindi il ſodo appoggiar deve ſul ſodo; ed i materiali da impiegarſi per un dato edifizio eſſer dovrebbero o della ſteſſa qualità, o diſtribuiti proporzionatamente alle reſiſtenze che debbono opporre.

174. III. Deveſi badare, che le mura ſi elevino perpendicolari al ſuolo, acciocchè le linee centrali cadano ſul mezzo delle baſi, ſulle quali poggiano; diminuendone però la groſſezza a proporzione, che più s'innalzano, poichè le parti ſuperiori debbono ſoſtenere minor peſo delle inferiori. Una sì fatta diminuzione intanto, che diceſi *riſega*, quantunque ſi poſſa nelle mura non molto alte far continuata dalla baſe alla cima, pure eſſendo l' altezza conſiderevole, ſarà vantaggioſo farla di piano in

piano; di maniera che le mura del primo piano ſieno più larghe di quelle del ſecondo; quelle del ſecondo più larghe di quelle del terzo; e così delle altre ſucceſſivamente. Infatti qualora ſi proceda nella guiſa additata, le mura di ciaſcun piano cadono a piombo ſul ſottopoſto, e le linee centrali vanno tutte a ferire entro la baſe de' fondamenti. Le ſuddette riſeghe ſi coprono eſternamente con cornici, e con faſce, e nell' interno co' pavimenti. Il celebre Palladio vorrebbe tutte le riſeghe dalla parte eſterna, acciocchè poteſſero le mura opporre una maggior reſiſtenza all' urto delle volte, ed a' pavimenti.

175. Si avverta, che non ſi debbono le mura dell' ultimo piano diminuir in groſſezza più del neceſſario. Gli Architetti non danno mai a sì fatte mura una groſſezza minore della quarta parte di quella, che ha il muro che poggia ſulle fondamenta; anzi ſecondo le circoſtanze l' aumentano: come per eſempio, ſe le mura abbiano a ſoſtenere archi, e volte; ſe debbano reſtare iſolate; ſe aver debbano molte aperture; ec.

176. IV. Proccurar ſi deve che le pietre ſie-

no

no regolari , e ben ſpianate nelle ſuperficie , colle quali ſi debbono unire ; e che ſi ſituino nelle mura ſecondo il letto , che aveano nelle cave . Infatti debbono colle baſi combaciare colle pietre ſottopoſte , acciocchè poſſano queſte reſiſtere allo sforzo delle altre con tutte le loro parti , e non ſieno altrimenti ſoggette a ſchiacciarſi ; il che è contrario alla ſtabilità delle mura . Spianar poi ſi debbono delle pietre ſteſſe le altre ſuperficie , acciocchè ſi combacino colle adjacenti , e meno larghe ſi rendano le commeſſure . Situar ſi debbono finalmente ſecondo il proprio letto per le coſe dette (n. 161.) .

177. V. Nella coſtruzione delle mura , proceder ſi deve per iſtrati orizzontali , i quali formati ſieno di pietre ugualmente alte . Queſte poi in ciaſcuno ſtrato ſi debbono intralciare in guiſa , che una pietra attraverſi la larghezza del muro , e l' immediata ſia poſta ſecondo la lunghezza del medeſimo ; onde una delle pietre preſenti la ſua minor ſuperficie , e l' altra vicina la ſua ſuperficie maggiore . Conſiderando poi le pietre , o i mattoni ne' diverſi ſtrati , badar ſi deve , che le commeſ-

ſure di uno ſtrato non ſi trovino mai in linea con quelle dello ſtrato immediato. Quindi le pietre diſpor ſi debbono a ſcacchiere nella facciata del muro non meno, che in ciaſcuno ſtrato. Una sì fatta combinazione è vantaggioſa, poichè la gravità delle pietre ſi dirama per tutto; e non eſſendo poi la coeſione della fabbrica nelle commeſſure uguale a quelle delle pietre, o de' mattoni: in occaſione di mancanza, in qualche ſito, ſi poſſano incontrare negli ſtrati diverſi, parti di maggiore, e di minor reſiſtenza interrottamente diſpoſte.

178. Non ſempre le pietre, che s'impiegano per murare, ſono regolari in modo, che poſſano diſporſi, ſecondo è ſtato fin quì detto. In queſto caſo le pietre regolari ſi fanno ſervire per le facce delle mura, e nell' interno s' impiegano le irregolari, ſtabilendole bene, ed empiendo i voti con pietre più piccole. Se mai ſi fabbrichi con mattoni, e con pietre, ſi pratichi lo ſteſſo; e di più ſi avverta di non percuotere molto i primi, a' quali ſi deve far acquiſtare la giuſta ſituazione premendoli; giacchè ſmovendoſi i contigui, difficilmente fanno liga col calceſtruzzo.

179.

179. VI. Cercar ſi deve, che le mura ſi rendano più reſiſtenti ne' ſiti, in cui unendoſi con altre mura formano angoli, poichè in queſti agiſcono col loro peſo non ſolamente le pietre ſopraſtanti, ma ancora le altre contigue. Infatti ſia ABC un compoſto di varie pietre ſenza calceſtruzzo diſpoſte nel modo additato (n. 177.): la pietra *a* è premuta dall' altra *b*, e da una parte di *c*: le due *b*, *c* ſono premute dalle due *e*, *d*; e queſte dalle due *m*, *n*, e da una parte di *r*. Onde la pietra *a* è premuta non ſolamente dalle ſopraſtanti, ma altresì in parte dalle altre *r*, *n*, *e*, *c*. Quindi gli Architetti, negli angoli degli edifizj o accreſcono la groſſezza delle mura, o v' impiegano materiali più reſiſtenti; nè mai vi formano aperture, anzi le allontanano al più che ſia poſſibile, e le ſituano le une ſulle altre ne' diverſi piani. Per la ſteſſa ragione nella coſtruzione delle opere di fortificazione, ſi adoprano negli angoli pietre reſiſtenti di taglio, e tagliate in modo, che le unioni non s' incontrino mai ne' vertici degli angoli medeſimi. Fig. 26.

180. I Greci, ed i Romani ebbero altresì due eſſenziali maniere di fabbrica, la maſſic-

cia cioè , e la riempiuta. La prima veniva formata di pietre, e di mattoni disposti , ed intralciati con ordine, e con arte in tutta la grossezza delle mura. L' altra poi si formava di pietre di taglio , e di mattoni nelle sole facce ; e nell' interno si adopravano pietre minute mescolate con calcestruzzo. Per maggior chiarezza intanto è da saperſi , che si distinguono due specie di fabbriche romane , cioè l' *amandorlata* o sia *reticolata*, e l' *incerta* o sia *antica*. Due sono altresì le specie delle fabbriche greche, cioè la quadrata, e l' ordinaria ; e questa si divide in *isodoma* , e *pseudodoma*. L' amandorlata è formata di pietre quadrate
Fig. 27. connesse colle diagonali a piombo come A : era bella ma non del pari resistente. L' incerta come B era men vistosa della prima , ma più resistente a cagion della connessione delle pietre colligate in un modo incerto ed irregolare. La quadrata , come E , è formata di pietre lavorate di ugual grossezza disposte talmente, che le commessure delle superiori cadono sulla metà ad un di presso delle sottoposte, onde era molto resistente. L' ordinaria isodoma era composta di strati formati da pietre di

ugual

ugual groſſezza, come C. La pſeuſodoma era formata di ſtrati di pietre diſſuguali come D. Erano ambedue ſodiſſime, e reſiſtenti (*).

181. VII. Nel coſtruire le mura ſi deve badare alle ſeguenti coſe. I. Gittar ſi deve dell' acqua ſu piani orizzontali, ſu' quali ſi deve murare; e toglier ſi deve da piani de' diverſi ſtrati la polvere terrea, della quale ſpogliar ſi hanno altresì le pietre, ed i mattoni lavandoli prima di metterli in opera, poichè la detta polvere è contraria alla perfetta liga de' materiali. (n. 155.) II. Si deve ſu' piani ſuddetti ſtendere uno ſtrato di calceſtruzzo della qualità che più ſarà conveniente (n. 155.), ſul quale ſi coſtruiſca lo ſtrato delle pietre ne' modi additati (n. 176. a 178.), ponendo il calceſtruzzo in tutte le commeſſure. III. Formato che ſiaſi uno ſtrato, ſi deve far raſſettare alquanto, prima di ſoprapporvi l' altro, poichè altrimenti venendo il calceſtruzzo poſto

(*) Chi voglia acquiſtare idee più diſtinte delle fabbriche degli antichi Greci, e Latini; legga Vitruvio, e le note, che il lodato Marcheſe Galiani vi ha fatte Lib. II. Cap. VIII.

in opera, gravato dal peſo prima che ſia ſuceduta l'offerveſcenza, queſta s' impedirà, onde non ſi potrà inſinuare da pertutto facilmente, e ſi minorerà la conneſſione de' materiali. (1) IV. Quando ſi debba fabbricare ſu di uno ſtrato di muro già fatto, ſi deve ſcroſtare, e bagnare, per dare vie più luogo alla coeſione. V. Si deve sfuggire la coſtruzione delle mura a porzioni verticali, poichè eſſendoſi terminata nel calceſtruzzo l'efferveſcenza, rendonſi i materiali non atti a poterla ricevere di nuovo; onde reſteranno le mura diſgiunte in parti, e non formeranno un ſolido continuato.

182. VIII. Si debbono empiere tutti i voti che ſi formano nella faccia eſteriore delle mura, per inavvertenza de' muratori, gittandovi con impeto il calceſtruzzo. Sarà altresì vantaggioſo di ricoprire l'eſteriore de' riveſtimenti delle opere di fortificazione con arricciarle; e quelle degli edifizj con intonacarle, facendo uſo di buona calcina con arena di grana fina, poi-

(1) Albert. Lib. III. Cap. X.

poichè sì fattamente si preserveranno le mura dall' azione de' raggi solari, e dalle piogge, che spesso ne producono la dissoluzione.

183. IX. Non conviene fabbricar ne' climi freddi, subito che cominciano i geli. Imperocchè congelandosi l'acqua, che ritrovansi nel calcestruzzo, e negli altri materiali, si dilata, e dissunisce le parti del muro. Quindi se siasi cominciato un muro, e non si possa terminare a cagion de' geli, bisogna coprirlo con terra per l'altezza di un piede ad un di presso, per impedire l' effetto de' medesimi. Il troppo caldo impedisce anche la connessione della fabbrica. Per andare incontro a questo inconveniente è uopo far spesse volte, e abbondantemente bagnare le mura, facendone affrettare la costruzione al più presto di quel che si fa nelle stagioni, in cui il sole è meno attivo.

184. Oltre a quanto si è detto riguardo alla costruzion delle mura, conviene aggiugnere alcuni avvertimenti per la costruzion delle volte; i quali si possono ridurre a' seguenti. I. Formar si debbono i piè dritti quanto alle dimensioni, secondo è stato determinato nell'Art. III. e IV. del Cap. III. di questo Libro; quanto

to poi alla coſtruzione effettiva ſi debbono avere in mira tutte le regole ſpecificate nel preſente Articolo. II. Formar ſi debbono le centine eſattamente della figura, che è ſtata determinata conveniente, coſtruendole altresì ſtabili, ed immobili; ed allorchè vi ſi deve fabbricar ſopra, ſi hanno a coprire con uno ſtrato di loto della groſſezza di un pollice e mezzo ad un dipreſſo. III. Se ſi debba far uſo di pietre; ſi preſcelgano le calcaree, e le vetrificabili dure, e quelle che ſieno lunghe e larghe in guiſa, che non ſieno mai minori de' più grandi mattoni. IV. Impiegando poi o pietre, o mattoni, ſi debbono diſporre perpendicolarmente ſugli archi delle centine, e ſarebbe vantaggioſo, che aveſſero la figura di un cuneo. V. Il calceſtruzzo, che s' impiega in una sì fatta coſtruzione dev' eſſere di ottima qualità, e molto liquido. Si debbono ſchivare gl' incontri di due commeſſure ne' diverſi ſtrati, che formano la volta: e finalmente le pietre che ſi mettono al vertice, vi ſi debbono conficcare con forza, affinchè ſi renda più ſtabile la volta intera.

185. Allorchè ſi ſieno le volte coſtruite nel-

la diviſata maniera, vi ſi formi una copertura maſſiccia di arena, e di calcina, alla quale ſi dia quel pendìo, che convenga per lo ſcolo delle acque, o per minorare l' urto delle bombe, ſiccome fu detto (n. 108. a 109.). Nelle Regioni fredde biſogna coprire le volte con tetti, ſe gli edifizj non ſieno eſpoſti alle bombe, poichè in queſto caſo ſi ricopriranno di terra, ſopratutto qualora ſi tratta degli alloggi de' ſoldati, coſtruiti ne' ripari de' baſtioni, ne' cavalieri, e nelle cortine. La terra poi dev' eſſer di qualità tale, che non formi fenditure, acciocchè l' acqua non trapeli: e deve eſſer dell' altezza non minore di tre piedi e mezzo in quattro, dando a queſte dimenſioni accreſcimento, o diminuzione ne' caſi ſpecificati (n. 116.).

186. Acciocchè poi con maggior ſicurezza ſi ottenga, che l'umido non trapeli negli alloggi militari coſtruiti ne' ripari, ed a pruova di bomba; biſogna che la copertura maſſiccia fatta con buoni materiali, ſia incroſtata, ed indi intonacata nel modo, che ſi è detto per le ciſterne (n.156.), facendo ſeccare l'intonaco all' ombra. Sull' intonaco ſi può porre uno ſtra-

to

to di mattoni, collocandoli ſu di eſſo colla loro maggior baſe. Sì fatti mattoni eſſer debbono forniti nell' eſterna ſuperficie di un canaletto largo mezz' oncia, e profondo un quarto di oncia. Nell' adoprarli, badar ſi deve che in ciaſcuna fila di mattoni, cominciando dalla cima ſino all' impoſta della volta, i canaletti ſi corriſpondano con eſattezza tale, che ne formino un ſolo, e che le commeſſure ſieno ben unite colla ſteſſa compoſizione dell' intonaco. Si porrà ſu queſto ſtrato di mattoni un altro di mattoni ſteſſi, e ſu queſto vi ſi farà l' ultima incroſtatura, ed intonaco, nel modo già additato; ed indi vi ſi metterà ſopra la terra, ſecondo è ſtato detto (n. 185.).

187. Si avverta finalmente, che tutti gli anzidetti canaletti corriſpondano in un canale, che giri intorno intorno al cominciamento della volta, e che abbia lo ſcolo fuori delle mura. Di più che gli Edifizj sì fattamente coperti ſieno ſeparati da' terrapieni con un muro, che ne diſti per alcuni piedi, empiendo lo ſpazio voto intermedio di rottami, e di altre materie aride, che aſſorbiſcano l' umido in ſe ſteſſe. Sulla parte ſuperiore coprir ſi deve il

mu-

muro non meno, che le ſuddette materie con ghiaja groſſolana, e fina meſcolata inſieme, dell' altezza di un piede; e ſu di queſta in fine por ſi deve la terra ben peſta, e della qualità additata (n. 185.).

ARTICOLO II.

Si diviſano generalmente i mezzi per iſtabilire le fondamenta delle mura degli Edifizj.

188. FOndamento di un muro qualunque diceſi quella parte, che dello ſteſſo rimane ſepolta ſotterra, e ſulla quale l' intera ſua mole poggia. Forma quindi la parte più eſſenziale di un edifizio, poichè ne produce la ſtabilità. Biſogna perciò diligentemente eſaminare il ſuolo ſul quale deveſi un edifizio elevare; ſe non ſi trova a ſufficienza ſodo, e ſtabile, conviene di renderlo tale, con determinare nelle date circoſtanze, i mezzi i più ſicuri, ed i più economici. Generalmente parlando debbono le fondamenta ſtabilirſi ſopra una

una materia ſoda, la quale non riceva alterazione dal peſo delle materie, che formano le fondamenta medeſime, e delle altre che compongono l'intero edifizio.

189. Non può aſſegnarſi una determinata dimenſione quanto alla profondità delle fondamenta. Si deve ſcavare ſino a che ſi rinvenga una terra ſoda, nella quale proſeguir ſi deve anche lo ſcavo per poca profondità. Non conviene intanto procedere a profondità molto grandi, poichè ſi va incontro a ſpeſe eſorbitanti, e ſpeſſo ſenza ſperanza d'incontrare una terra ſoda, come avviene ne' terreni arenoſi, e paludoſi. In queſti caſi, ſe dopo aver ſcavato ſino ad una profondità mediocre, non ſi rinvenga una baſe ſtabile, biſogna renderla tale coll'arte. Adoprar ſi poſſono in queſte circoſtanze le palificate di groſſi pali di *alno*, o ſia ontano, di olivo, o di quercia, che ſieno con battipali ben conficcati nel ſuolo, e più o meno vicini, ſecondochè il terreno è meno o più reſiſtente; con riempiere i vani tra'ſuddetti pali, di materie ſecche ed aride; e ſu queſte ſi formi una fabbrica la più forte, che

ſi può

ſi può (1). I moderni Architetti connettono i pali conficcati nel ſuolo nella parte, che rimane fuori del medeſimo con travi traſverſali, formando una ſpecie di graticola; riempiono quindi i voti intermedj con buoni materiali, e con calceſtruzzo; e rendono sì fattamente ſtabile la baſe delle fondamenta.

190. Acciocchè poi le fondamenta ſi rendano più ſtabili, debbono lateralmente procedere a ſcarpa, affinchè il peſo ſopraſtante ſi diffonda ſopra una baſe maggiore, e la preſſione ſi renda minore; le linee centrali cadano ſempre più nelle baſi; e le mura reſiſtano anche all' urto delle terre adjacenti. Se ſia ABCD un profilo di un fondamento preſo perpendicolarmente ſecondo la larghezza del medeſimo, rappreſenterà DC la larghezza della baſe inferiore, ed A B quella della baſe ſuperiore, ſulla quale poggiano le mura fuori terra. Fig. 28.

191. Or molti Architetti di gran rinomanza, hanno ſtabilito la larghezza C D, avendo in conſiderazione la ſola groſſezza A B delle mura

(1) Vitr. Lib. III. Cap. III.

mura con procedere quasi che a caso ; senza badare che dedur si deve dalla condizione del suolo, e dal peso delle parti che compongono l' edifizio. Quindi alcuni stabiliscono, che la ragione di AB: DC non sia minore di quella di 4: 5, nè maggiore di 6: 7. (1), eccettochè nelle torri, nelle quali serbano la ragione di 2: 3 (2). Vi è chi stabilisce le suddette dimensioni nella ragione di 1 : 2, sopratutto sotto le colonne (3), e negli angoli degli edifizj (4). Altri Architetti seguono la ragione di 2: 3 (5). Alcuni finalmente volendo dedurre sì fatta ragione dalla profondità delle fondamenta, generalmente hanno stabilito, che la base DE della scarpa non debba esser maggiore di $\frac{1}{6}$, nè minore di $\frac{1}{11}$ di AE, avendo riguardo alle diverse circostanze (6).

192. Belidoro avendo riguardo alla larghezza delle mura non meno, che all' altezza delle me-

(1) Scamozzi.
(2) Palladio.
(3) Vitr.
(4) Goltman.
(5) De Lorme.
(6) Goltman.

medeſime, ed a' peſi diverſi che queſte debbono ſoſtenere, crede che un muro alto venti piedi, ſia molto ſtabile nelle fondamenta, ſempre che la baſe di queſte ſia otto pollici più larga di quella del muro. In fatti dic' egli, ſe un muro sì fatto, per l'oggetto, a cui deve ſervire, far sì debba largo piedi due, la baſe del fondamento ſi faccia di piedi due, e pollici otto; occupandoſi detti pollici otto da' due margini laterali, ciaſcuno di pollici quattro, e che diconſi riſeghe (1). Determina poi lo ſteſſo Belidoro le groſſezze delle fondamenta per ogni altro caſo con una regola di proporzione. Sia per eſempio un muro alto 50 piedi; ſi faccia come 20: 8, così 50. ad un quarto proporzionale, che darà la larghezza de' margini di 10. pollici ciaſcuno; onde ſe il muro debba avere piedi tre di groſſezza, le fondamenta ne debbono avere piedi 4. e pol. 8.

193. Or ſiccome le circoſtanze de' ſiti non meno, che degli uſi, ne' quali convien coſtruire gli edifizj ſono variabili; così nella de-

(1) *Science des Ingenieurs* Lib.III. Cap. IX.

determinazione delle dimensioni delle mura si deve procedere nel modo additato (n. 65. a 72.) : ed in quelle de' fondamenti si può prender norma dalle regole determinate sopra. Intanto per assicurarsi praticamente della sodezza del suolo, sul quale si debbono stabilire le fondamenta, si deve osservare. I. Se il terreno resista a' replicati colpi di picconi, e di zappe; se risuoni a' colpi di pestoni, o alle violenti e replicate cadute di gravi gittati ad arte; se sia di colore di pietra; e se sia fornito di glutine atto a consolidarsi. II. Conviene per maggiore sicurezza scavar de' pozzi in date distanze, per osservare fino ad una data profondità, se il terreno sia ugualmente resistente negli strati sottoposti. Qualora una sì fatta operazione non sia eseguibile a cagion dell' acqua, che s' incontra scavando; si esamini la sodezza del terreno, con conficcarvi de' pali aguzzi col mezzo di martelli, e si osservi se incontrino molta resistenza.

194. Dall' esperienze poi de' più savj Architetti, si rileva. I. Che si fabbrica con sicurezza sul sasso vivo, e sul tufo duro. II. Su' terreni forti, ed uniti in ammassi considerevoli,

voli, e che diconſi vergini per non eſſer ſtati mai ſmoſſi. III. Su' terreni di una creta conſolidata, i cui ſtrati procedano a grandi profondità. IV. Su' terreni arenoſi puri e ſgombri da materie craſſe, ammaſſati, e conſolidati, e che procedono altresì a grandi profondità. All' oppoſto ſono poco ſtabili i ſuoli, ne' quali s' incontrano ſtrati di pietre, di tufi molli, di materie poco tenaci, e di terre che vi ſono ſtate traſportate; le quali venendo preſſe da una parte, s' innalzano dall' altra.

195. La baſe, ſulla quale deve poggiare il fondamento dev' eſſere orizzontale; e fabbricando in luoghi ſcoſceſi, ſi deve procedere con iſcaglioni, de' quali ciaſcuno abbia la ſuperficie ſuperiore orizzontale. Allorchè convenga di ſcavare a grandi profondità per rinvenire il terreno ſtabile; per avere qualche riſparmio, ſi fanno de' pozzi da diſtanza in diſtanza; ne' medeſimi ſi coſtruiſcono i pilaſtri larghi ad un di preſſo del doppio della groſſezza delle mura, che vi debbon poggiare. Sì fatti pilaſtri ſi uniſcono con archi al di ſotto la ſuperficie ſuperiore, donde ſorger debbono le mura, affinchè poſſano elevarſi per iſtrati orizzontali

dal loro naſcimento, ſecondo è ſtato detto (n. 177.).

196. Finalmente quanto alla ſcelta che far ſi deve de' materiali, che debbon comporre le fondamenta; ſi faccia uſo di quel calceſtruzzo che più convenga, e ſecondo fu additato (n. 155.), e delle pietre che poſſono eſſer penetrate con facilità del calceſtruzzo (n. 159. a 164.). Di più quanto alle pietre, ſi debbono impiegare le più grandi, e le più ſpianate nel fondo, e le altre meno grandi ſucceſſivamente, connettendole inſieme diligentemente, e nel modo additato per la coſtruzion delle mura (n. 176. a 179.). Adoprandoſi mattoni, ſi faccia uſo de' più cotti, affinchè non ſi diſciolgano dall' umido. Eſſendoſi in tal guiſa coſtruite le fondamenta; ſi facciano ſeccare alquanto, prima che vi ſi coſtruiſcano ſuperiormente le mura, acciocchè queſte ſi rendano più ſtabili.

ARTICOLO III.

Si additano i mezzi pratici per ben ſtabilire le fondamenta ne' terreni ſodi; ne' ſaſſoſi, e di diverſa conſiſtenza; nelle terre arenoſe e mobili; e ne' ſiti acquoſi, e paludoſi.

197. SI ſono nell' Articolo antecedente date le regole per determinare ſe ſia un dato terreno ſtabile: oltre alle medeſime ſarà ſempre utile, di domandare notizie ſulla ſolidità di un terreno agli operaj del paeſe, poichè ſpeſſo poſſono coſtoro ſomminiſtrarle, ſenza che s'intraprendano ricerche difficili e penoſe. Or ſe ſi abbia un terreno ſodo, ſu cui ſi debba coſtruire un muro di Fortezza, o di altro militare edificio; determinate, che ſienſi le dimenſioni del medeſimo non meno, che delle fondamenta, ſiccome è ſtato già detto; ſi ſcaverà una foſſa di una larghezza alquanto maggiore di quella delle fondamenta, e di una profondità tale, che non poſſano le medeſime rimaner ſcoperte dalle acque, col decorſo del

tempo. In una foſſa sì fatta vi ſi fabbricherà, nella maniera ſpecificata nell' Articolo antecedente, ſino al pian terreno, nel qual ſito ſi laſceranno le riſeghe, e ſieno margini; e comincerà quindi la coſtruzione del muro colle regole additate (n. 176. a 183.), impiegando un baſamento di pietre di taglio, quando non rieſca molto diſpendioſo.

198. Allorchè ſi fonda ſul ſaſſo duro, conviene che ſi faccia ſpeſſo uſo di ſcaglioni, ſic-
Fig. 29. come ſi rileva dalla figura A B C D. I piani di queſti ſcaglioni per le regole generali ſtabilite, eſſer debbono orizzontali; ma ſe procedono con qualche pendìo da fuori in dentro, ſi formerà una fabbrica più reſiſtente. Ne' ſaſſi molto levigati biſogna render ſcabroſa ed aſpra la ſuperficie che deve connettere co' materiali; ſpezialmente quando i medeſimi poſſano formare parte del muro, uſando piccioli riſarcimenti. Si avverte poi di non fondar mai vicino all' orlo delle pendenze ſaſſoſe, e ſcoglioſe, poichè in ſiti sì fatti ſe ne ſtaccano ſovente pezzi di gran mole ſopratutto ſe ſieno ſoggette alle nevi, ed al gelo.

199. Dovendoſi fabbricare su' ſcogli iſolati, proc-

proccurar ſi deve che le fondamenta non poggino ſulle fenditure, che vi s' incontrano; e che mai procedano parallele a queſte, acciocchè non rovinino gli Edifizj ſopraſtanti. Inoltre ſi avverta, che dovendoſi fondare, ed edificare ſu' ſcogli irregolari, e di differente conſiſtenza, ſi debbono eguagliare le fondamenta ſino ad una certa altezza. Per ciò fare, ſeguendo gl' inſegnamenti di Belidoro (1); ſi ſtabiliſca la larghezza da darſi alle fondamenta, e ſe ne determini l' allineamento con aſſi di legno, in modo che reſtino racchiuſe in una, o più caſſe continuate, tuttochè poſte in livelli diverſi, come ſi ravviſa, nella figura MN. Si prendano indi delle ſcaglie, e delle piccole pietre calcaree, o della ſteſſa qualità dello ſcoglio, del volume di un oncia cubica ad un di preſſo; ſi miſchino col calceſtruzzo ben liquido, e della qualità deſcritta (n.151. a 155.), e ſe ne formi un compoſto alquanto conſiſtente; di queſto ſe n' empieranno i ſiti irregolari, e ſi farà ſubito ben peſtare con groſſi Fig. 30.

(1) *Science des Ingenieurs* Lib. III. Cap. IX.

peſtoni , proſeguendo queſta operazione ſino a che ſi vengano ad uguagliare le irregolarità, ed a formare una baſe orizzontale almeno per parti. Se ſi faccia ſeccare una fabbrica sì fatta, prima di coſtruirvi ſopra le mura , e ſe ne tolgan quindi le caſſe , ſi formerà il fondamento il più ſtabile , che poſſa immaginarſi, ſecondo che atteſtano gli Architetti i più ſenſati (1).

200. Si noti , che ſe mai ne' ſiti faſſoſi, ſcogliofi, e compoſti di tufo, ſi trovino delle parti compreſſibili, e ſoggette a far fendere le ſopraſtanti mura, ſi dovrà procedere con arcate, che abbiano appoggio o ſu ſcogli ſtabili, o ſu pilaſtri ſtabilmente coſtruiti. Imperocchè la ſtabilità del ſuolo deve reſiſtere ugualmente da pertutto, acciocchè le diverſe parti dell'Edifizio non rovinino.

201. I più intelligenti Architetti non ſono di accordo in iſtabilire le fondamenta nelle terre arenoſe di poca conſiſtenza, e ſoggette a slamare. I mezzi intanto i più uſitati ſono:

di

(1) Vitr. Lib. II. Cap. VIII.
Perrault. ne' Comentarj che fa a Vitruvio , dimoſtra che gli Antichi ne fecero molto uſo.

di ſcavare ſino a che s' incontra un terreno vergine, purchè ciò addivenga ſenza procedere a grandi profondità; poichè in queſto caſo, o ſi farà uſo di pilaſtri congiunti con archi, ſiccome è ſtato detto (n. 195.); o qualora i medeſimi neppur poſſano ſtabilirſi ſul ſodo, ſi ſcaverà ſino ad una data profondità, ed indi ſi farà uſo di palificate conneſſe nella parte ſuperiore con travi poſte per traverſo, e per lungo, formando una ſpezie di graticola, i voti della quale ſi riempieranno con buoni materiali, ſiccome ſi è avvertito (n. 189.).

202. Ne' terreni poi acquoſi, e paludoſi, ſi deve aſſolutamente far uſo dell' anzidette palificate, ſcavando prima ſino ad una certa profondità; ed in una larghezza maggiore di quella delle fondamenta. Per darne un' idea, ſi piantino lungo le direzioni della foſſa già ſcavata de' groſſi pali a guiſa di travi, che non diſtino mai più di piedi ſette, nè meno di un diametro che eſprime la groſſezza de' pali medeſimi; accreſcendo, o minorando la ſuddetta diſtanza, ſecondo la maggiore o minore compreſſione, che può ricevere il terreno. Sì fatti pali *r* ſi conficchino nel ſuolo con battipali Fig. 31.

ſino

fino a che non poſſano penetrar di più, facendone rimanere una porzione fuori del ſuolo medeſimo. Le teſte poi degli ſteſſi pali ſi rendano meno groſſe, e ſi inſeriſcano negl'incavi fatti nelle travi AA, le quali vi ſi connettano in sì fatta guiſa. Le travi poi AA ſi connettano colle altre traſverſali CC per mezzo di incaſtri, o di cavicchie, o di ligami di ferro. Si conficchino finalmente nelle aree quadrate G degli altri pali o cilindrici, o parallelepipedi ſe fia neceſſario, per rinſerrare e conſolidare il ſuolo, che ſervir deve di baſe alle fondamenta; e ſi farà coſtruita la palificata a graticola, ne' cui voti, ed al di ſopra della medeſima vi ſi fabbricherà con calceſtruzzo adattato alle circoſtanze, e con mattoni ben cotti nel modo additato (n. 189.).

203. Si noti che la lunghezza, e la groſſezza de' pali ſi deve dedurre dagli eſperimenti da farſi ne' ſiti, ove ſi debbono impiegare. La loro lunghezza dev' eſſer tale, che conficcandoſi nel ſuolo co' battipali, non poſſano penetrare di vantaggio, anzi riurtino indietro le macchine comprimenti, reſtando de' pali medeſimi una porzione fuori del ſuolo. La groſ-

ſezza

ſezza poi ſi ha a dedurre dalla lunghezza. Nell' eſtremo più groſſo deve la groſſezza eſſere $\frac{2}{12}$ della lunghezza, ſe queſta è di piedi 8., in 12., e dev' eſſere al quanto maggiore, ſe è minore di piedi 8.; ſi aumenterà ſino a 14. pollici, ſe la lunghezza ſia da 12. ſino a 24. piedi; (1) Di sì fatti pali ſi ſcelgono i più lunghi, ed i più groſſi per conficcarli lungo gli eſtremi de' fondamenti, e ſopratutto allorchè trattaſi de' riveſtimenti dell' opere di una Piazza di guerra. Il legno, che più regge ſotterra, è la querc'a, e l'alno, come ſi dirà a ſuo luogo. Si rendono acuminati in un eſtremo, affinchè penetrino nella terra più facilmente. La parte acuminata dev' eſſer lunga per un diametro e mezzo, o al più due de' pali medeſimi. Allorchè s' incontrano materie atte a ſpuntarli, ſi forniſcono di punte di ferro, e nell' eſtremo ſuperiore di anelli di ferro altresì, acciocchè non ſi fendino a' colpi de' battipali.

204.

(1) Belid. *Scienc. des Ingenieurs* Lib. III. Cap. IX.
Boecler. *In Notis ad Pall.*
Hartman. *Archit. Civ.*

204. Per dare un eſempio di quanto ſi è detto ſulle palificate nella coſtruzione de' riveſtimenti, che ſi fanno ne' ripari di una Piazza di guerra, qualora il terreno ſia paludoſo, ed acquoſo comunque; ſi traccino le baſi, che aver debbono i riveſtimenti, ed i controforti,
Fig. 32. e ſieno A B C D E F G H I K L M. Si piantino indi più file di pali, una lungo A B; l'altra lungo C D; altre, ſecondo le direzioni F G K L, ed altre ſecondo altre direzioni a queſte parallele, in modo che ciaſcun palo diſti dall'altro, nella ſteſſa fila, di due piedi. Se ne pianti uno in ciaſcun angolo della baſe di un controforte, talmente che nell'interno della ſteſſa ve ne ſieno quattro. Si connettano i pali additati con altre travi per lungo, e per traverſo, come ſi ravviſa nella figura, in cui ſi dimoſtra la conneſſione della graticola, ſecondo è ſtato detto (n. 202), potendoſi conficcare negli ſpazj intermedj altri pali per render la baſe maggiormente ſtabile. Per chiarezza maggiore ſi oſſervi anche il profilo M N O P.
Fig. 33.

205. Ne' terreni acquoſi, e di poca reſiſtenza ſi pratica una precauzione maggiore di quella additata di ſopra. Si prendono de' pali ſqua-

dra-

drati, e ſi conficcano lungo la parte eſteriore delle fondamenta diſtanti l'uno dall'altro per 15. pollici, e ne' medeſimi vi ſi fanno lateralmente degli incavi, che ſi corriſpondano in un iſteſſo piano verticale per poterſi in eſſi inſerire un tavolone, che chiuda lo ſpazio intermedio a' due pali, con farlo penetrare nel terreno per mezzo de' battipali, ſiccome vedeſi chiaramente nella figura ABCD, coprendo i pali, e le tavole con travi, che vi ſi connettono o con cavicchie, o con chiodi, o con incaſtrature. Fig. 34.

206. La groſſezza degli additati tavoloni è proporzionata alla loro lunghezza; ſe queſta è ſei piedi, l'altra è di tre pollici; ſe è di piedi 12, quale ſuol eſſere l'ordinaria, la groſſezza ſarà di quattro pollici ad un di preſſo. Gl' incavi poi, che ſi formano ne' pali ſono profondi due pollici ad un dipreſſo, e ſempre alquanto più larghi della groſſezza de' tavoloni, affinchè vi poſſano queſti avere un libero paſſaggio. Gli ſteſſi tavoloni ſogliono, allorchè ſia neceſſario, guernirſi di punte di ferro nel modo ſpecificato nella figura MNP. Fig. 35.

207. Allorchè ſi deve andar incontro all'urto

to dell' acque, come avviene nello ſtabilire il ſuolo, ed i pilaſtri delle chiuſe di acqua, ſi piantano i pali o in una ſola fila, ſe ſieno di gran diametro, o in due file e poco diſtanti tra ſe, quando ſieno di diametro minore. Vi ſi connettono ſuperiormente con incaſtrature, con chiodi, e con ligami, delle travi per lungo, in modo, che tra queſte vi rimanga uno ſpazio da dar paſſaggio a' tavoloni, i quali ſi ſeguono ordinatamente incaſtrati l'uno nell'altro; e s' impediſce totalmente l'adito alle acque. In queſto caſo i tavoloni ſi coſtruiſcono in guiſa, che da una parte de' lati lunghi vi ſia un incavo, e dall' altra formino un cuneo proporzionato per inſerirſi nell' incavo del ta-
Fig. 36. volone contiguo. Nella figura SPQR ſi raviſa la conneſſione degli additati tavoloni.

208. Si avverta che ne' luoghi acquoſi, e paludoſi non ſempre ſi poſſono coſtruire le palificate. Infatti ſe ſi rinvengano ſorgenti ſotterranee, che abbiano origine da montagne vicine, conficcando de' pali ſi andrebbero a ſcoprire; onde cercando le acque di metterſi a livello coll' acque della loro origine, ſpingerebbero in alto le palificate, ſiccome è noto per

le

le oſſervazioni fatte. In queſti caſi ſi fonderà ſcavando il meno che ſia poſſibile; ed a miſura che ſi poſſa, conviene ſollecitamente riempir di fabbrica lo ſcavo fatto, facendo uſo di quel calceſtruzzo, e di que' materiali che preſto ſi conſolidano, mettendoli in opera con diligenza, e con ſollecitudine (1). Si ſogliono in ſiti sì fatti ſcavare e fabbriccare le fondamenta a porzioni, laſciandovi de' ſolidi intermedj di terreno, acciocchè le acque non ſi rendano comunicanti. Quando poi le terre non ſono tenaci; lungo gli eſtremi delle foſſe ſi formano degli ſteccati di tavole, dividendo le foſſate iſteſſe in tanti caſſoni. Queſti ſervono per impedire che le terre non rovinino nelle foſſate, e per mantenere nel giuſto ſito la fabbrica ſino a che prenda conſiſtenza, dopo del qual tempo ſi ſcompongono le caſſe, per formarne in ſeguito delle altre; e ſi colligano infine i pezzi di fabbrica, che rimangono diſgiunti, con minuti materiali, e con calceſtruzzo adattato al biſogno.

AR-

(1) Belid. *Science des Ingenieurs* Lib. III. Cap. IX.

ARTICOLO IV.

Si danno le avvertenze le più neceſſarie per iſtabilire le fondamenta ne' fiumi, e nel mare.

209. PEr ben ſtabilire le fondamenta delle pile, o ſieno pilaſtri de' ponti, e di tutte le altre fabbriche che coſtruir ſi debbono ne' fiumi; è quaſi che ſempre neceſſario di aſſicurarne il fondo con palificate, e con tavoloni i più reſiſtenti, che ſia poſſibile; augumentandone il numero non meno, che la groſſezza, ſecondo ch' è maggiore la quantità, e la violenza dell' acqua, e ſecondochè l' alveo è ſopra un terreno meno reſiſtente. Coſtruendo poi nell' alveo le pile de' ponti, ſi vengono le acque a reſtringere, onde creſcendo in altezza, acquiſtano maggior velocità, e ſcavano più facilmente le fondamenta. Quindi conviene coſtruire anteriormente delle dighe, che diminuiſcano la velocità, che hanno le acque acquiſtata. Di più ſi debbono coſtruire sì fatti fondamenti nella ſtate, in cui ſi poſſono anche volentieri deviare le acque da' ſiti, ove ſi vuole fabbricare;

care ; e qualora ciò non poſſa eſeguirſi , ſi poſſono render le acque medeſime ſtagnanti , o con islargar l' alveo , o formando de' ripari , e delle dighe ; lo che agevolerà molto a poter eguagliare le baſi de' fondamenti , ed a potervi coſtruire delle palificate . Si toglieranno poi tutti sì fatti argini ſubito che le pile avranno preſa conſiſtenza .

210. Eſaminar ſi deve inoltre , prima che ſi venga all' effettiva coſtruzione delle fondamenta , la qualità del ſuolo . Se queſto è in terreno ſodo e ſtabile , ovvero in rocca , ſarà ſufficiente di ſcavar la foſſa delle fondamenta per qualche piede , uguagliandone la baſe o all' iſteſſo orizzonte , o ad orizzonti diverſi , ſecondo che richiedono le circoſtanze . Vi ſi comincerà indi a gettar le fondamenta con buone e groſſe pietre di taglio , e con calceſtruzzo atto per le fabbriche nell' acque . Allorchè poi il fondo del fiume è poco ſtabile , e ſi ſien potute deviare le acque , ſi deve il medeſimo render reſiſtente ne' ſiti ove ſi hanno a coſtruire le pile , e negli altri pe' quali deve ſcorrere l' acqua , praticando mezzi più o meno efficaci , ſecondo che variano le circoſtanze .

211. Si ſupponga in fatti, che il fondo non ſia affatto reſiſtente, e che le acque vi debbano ſcorrere precipitoſamente, ſi formerà una palificata da un eſtremo all' altro del fiume. La palificata ſu cui deveſi coſtruire ciaſcuna
Fig. 37. pila, viene eſpreſſa nella figura A B C D, in cui oltre de' pali, e delle travi, che formano la graticola, vi ſono intorno intorno i tavoloni, che ſi conficcano tra due travi, che ſono inſerite a' pali ſottopoſti ordinati in due file. Negli ſpazj poi intermedj ſi poſſono, ſe fia neceſſario, piantare altri pali, per vie più conſolidare il terreno racchiuſo nella ſuddetta pianta, ſulla quale ſi eleverà la pila con ſicurezza, dopo che ſe ne ſieno riempiuti i voti con buoni materiali poſti in opera con arte. La palificata poi ſotto gli archi ed innanzi, e dietro de' medeſimi, deveſi coſtruire ugualmente reſiſtente. Inoltre dopo che ſi ſieno eguagliati i voti della medeſima, nel modo ſopraddetto, ſi ricopre con tavoloni di un mezzo piede di groſſezza, e queſti ſi connettono ſtrettamente inſieme, con calefatare le commeſſure dopo che vi ſia introdotto del canape, e una certa erba detta muſco. Su' medeſimi tavoloni

sì

sì fattamente conneſſi, vi ſi pone uno ſtrato di pietre di taglio conneſſe tra ſe in modo da non poterſi ſeparare, ancorchè il calceſtruzzo, della qualità la più adatta al biſogno, non le colleghi bene inſieme.

212. L' additata coſtruzione ſi pratica ne' canali delle grandi chiuſe, e ne' ponti di molta importanza, poichè ne' caſi meno rilevanti, non ſi fa uſo de' tavoloni calefatati, ma di un ſemplice ſeliciato di pietre di taglio. Sovente non è neceſſario di conficcare i tavoloni lungo gli eſtremi della palificata; e molte volte non ſi fa uſo di queſta ſotto gli archi, ma di un ſemplice ſeliciato di pietre, giacchè, ſecondo le diverſe circoſtanze, ſi deve diverſamente agire. Ne' gran fiumi, ne' quali rieſce difficile deviare le acque, per iſtabilire le additate fondamenta, convien formare degli incaſſamenti con pali, e con tavole, ne' quali ſi poſſa fabbricare con materiali atti a conſolidarſi, de' quali fu detto (n.174.) Si può altresì far uſo di barche ripiene di materiali sì fatti, facendole affondare, per poi edificarvi al di ſopra. Finalmente ſi potranno impiegare le caſſe calefatate, nelle quali ſi può fabbri-

care a ſecco , ſiccome ſarà meglio ſpecificato in appreſſo , trattandoſi delle diverſe maniere di gettar fondamenta nel mare , le quali ſono in un certo modo applicabili ne' fiumi .

213. Per ben ſtabilire le fondamenta degli edifizj o nel mare , o ne' lidi del medeſimo, vengono praticate tre maniere diverſe . La prima diceſi a *pietre perdute* . La ſeconda *per incaſſamento* , il quale ſi forma con pali , e tavoloni , e ſi riempie indi di materiali , che vi s' intromettono con macchine , ſenza che prima ſe n' eſtragga l' acqua . La terza diceſi di *caſſe* a *ſecco* , poichè ſono queſte calefatate , e unte di pece , fabbricandovi entro a ſecco (1). Lungo ſarebbe , il voler minutamente deſcrivere i lavori , e le macchine neceſſarie , per eſeguire le indicate maniere di gettar fondamenta nel mare ; ne dirò quindi tanto , che ſi poſſa rilevare la neceſſità di conſultarne coloro, che trattano di propoſito di materie sì fatte (2).

214.

(1) La prima maniera diceſi da' Franceſi a *pierres perdues* : La ſeconda *à coffres* : e la terza *par ancaiſſement a ſec.*

(2) Belid. Tom. II. Lib. III. Chap. X. & XI. *Architeƈt. Hydraul.*

214. Or la prima maniera ſerve, per la coſtruzione delle dighe, e per iſtabilire le fondamenta de' moli, e delle altre opere anneſſe a' porti. Nella coſtruzione delle ſemplici dighe, ſenza prenderſi la pena di uguagliarne la baſe, ſi getteranno le pietre ſecondo l'allineamento tracciato ſulla ſuperficie dell'acqua. Si comincerà il lavoro lungo gli eſtremi della baſe, e ſi cercherà di impiegarvi con ordine le pietre più dure, ma di mezzana grandezza, poichè generalmente parlando, impiegar ſi debbono sì fatte pietre nel fondo, ove il mare è meno agitato; gradatamente appreſſo le pietre di un volume maggiore, e quindi le più groſſe, e le più reſiſtenti, ſopratutto lungo le ſcarpe eſpoſte all'impeto dell'onde; avvertendo di farle poggiare colla parte, che ha maggior ſuperficie. Deve inoltre l'additata coſtruzione procedere per iſtrati orizzontali; e ſu ciaſcuno ſtrato ſi debbono gettare delle ſcaglie, e delle picciole ſelci, per riempiere i voti, che laſciano le pietre più grandi, affinchè col limo, colle conchiglie, e colla ſabbia che v'introduce il mare, ſi venga a formare una liga

di tutte sì fatte materie, che si uguagli alla più resistente fabbrica.

215. Si deve aver somma cura in ben stabilire le scarpe, poichè a proporzione, che queste hanno maggior base rispetto all'altezza, la diga diverrà più stabile. Ordinariamente si dà loro una base doppia dell' altezza. Si sogliono le dighe fuori dell' acqua, coprire di ottima fabbrica, con impiegare pietre di taglio ben intralciate, e 'l calcestruzzo della miglior liga. Gli Antichi, allorchè mancavano le pietre per la costruzione delle dighe, e delle scogliere, costruivano degli ammassi di fabbrica di buona pietra e di calcestruzzo formato con pozzolana, e con calcina spenta; li facevano seccare per due mesi, e poi li facevano cadere nell' acqua (1). In formare sì fatti ammassi, si potrebbe forse con più vantaggio far uso del metodo del Signor Loriot, di cui fu detto (n. 155.).

216. Si noti, che qualora sì fatte dighe costruir

(1) Vitr. Lib. V. Cap. XII. Traduz. di Galiani.

ſtruir ſi debbano ne' fiumi, deveſi far procedere il lavoro per iſtrati orizzontali, con farlo avanzare ugualmente in ciaſcuna parte di ciaſcuno ſtrato, poichè altrimenti concorrendo l' acqua più in una, che in altra parte, formerebbe queſta delle ſcavazioni, e renderebbe il lavoro più difficoltoſo, e più ſpeſoſo. Inoltre gettar conviene nel fondo, e ſpezialmente in quella parte che corriſponde al filone, le pietre più groſſe, e più reſiſtenti, poichè ne' fiumi, la velocità dell' acqua è maggiore nel fondo, e vie più ove corriſponde il filone.

217. Allorchè le dighe ſervir debbano di baſe a' moli, o ad altri edifizj conſiderevoli, biſogna aſſodare ed eguagliare le baſi delle fondamenta al meglio che ſia poſſibile. Stabilita che ſia la larghezza, che il molo aver deve a fior di acqua compreſi i margini, o ſieno le banchette; dar conviene alla baſe ſottopoſta, ch' è nel fondo del mare, la ſteſſa larghezza augumentata del quadruplo dell' altezza dell' acqua, affinchè ciaſcuna baſe di ſcarpa ſia doppia dell' altezza del molo. Eſſendoſi condotto il lavoro a 5. in 6. piedi ſotto la ſuperficie ſuperiore dell' acqua, biſogna procede-

re con maggior esattezza in ordinare le pietre, ed in riempiere i voti, e gl' interstizj intermedj fino a 4. o a 3. piedi sotto la stessa superficie dell' acqua. Si lasci l' opera in questo stato per un anno, affinchè l' urto delle acque, il peso delle materie, che la compongono, e le materie arenose, limacciose, e glutinose che vi s' intromettono, la rendano più stabile e soda. Dopo questo tempo si uguaglierà il piano superiore, e vi si formerà uno strato di calcestruzzo composto di calcina viva, di pozzolana, e di calcina spenta, mescolato con piccole pietre, e fatto alquanto consolidare per un giorno. Si spargerà un calcestruzzo sì fatto sull' additato piano della diga con alcuni vasi di legno, i quali immergendosi con macchine nell' acqua, abbiano i fondi atti a potersi aprire, allorchè si debbono lasciare le materie, che vi si contengono; e ciò affinchè non sieno queste dissipate dall' acqua, e si possano con zappe fornite di lunghi manichi uguagliare, per farle insinuare negl' interstizj della diga, e formarne quindi l' espressato strato.

218. Dopo che l' opera sia ridotta al termine di sopra divisato, si ricoprirà immedia-

ta-

tamente con uno ſtrato di pietre dure ed atte a formare la liga la più perfetta, con ben premerle ſullo ſtrato ſottopoſto. Su queſte pietre ſi formerà un altro ſtrato della compoſizione ſpecificata di ſopra; e sì fatti ſtrati diverſi ſi alterneranno ſino ad un piede ſotto la ſuperficie dell' acqua, proccurando di ben uguagliare la ſuperficie dell' ultimo ſtrato, ſulla quale deve ſtabilirſi il molo, ed ogni altra opera qualunque. Allorchè l' opera ſia avanzata ſulla ſuperficie dell' acqua, ſi laſceranno i margini di otto piedi in circa di larghezza, ſiccome ſi può oſſervare nella figura ABCD. Si eleverà Fig. 38. finalmente la fabbrica fuori il livello dell' acqua ſecondo le circoſtanze, ed i fini, pe' quali ſi coſtruiſce; ed a ſeconda di queſti altresì ſi uſeranno maggiori, o minori avvertenze nell' intera coſtruzione di opere sì fatte.

219. La ſeconda maniera di gettar fondamenta nel mare, additata (n. 213.), ſerve per iſtabilire le fondamenta di tutte le mura, e ſpecialmente de' riveſtimenti delle opere di un qualche luogo fortificato, che coſtruir ſi debbono lungo i lidi, ancorchè le acque ſieno alla profondità di 20. in 25. piedi. Si ſup-

pon-

ponga che ſi abbiano a gettar le fondamenta per coſtruire un riveſtimento ad una Fortezza. Si ſtabiliſca la groſſezza del muro a proporzione che creſce l' altezza, e l' impeto dell'acqua. Si dia alla ſcarpa una baſe, che ſia il ſeſto, o al più il quinto dell' altezza del muro iſteſſo. Si tracci ſulla ſuperficie, nel miglior modo che ſi poſſa, la pianta dell' opera iſteſſa; e ſecondo la traccia fatta ſi conficcheranno de' lunghi pali di diſtanza in diſtanza, e de' tavoloni in modo, che lo ſpazio tracciato rimanga racchiuſo dappertutto. Se ne puliрà indi il fondo finchè ſi trovino delle materie dure e reſiſtenti.

220. Eſſendoſi fatto il ſuddetto apparecchio, ſi prenderà il calceſtruzzo il più atto a conſolidarſi nell' acqua, e ſi meſcolerà con piccole pietre dure. Indi ſi coſtruiranno le fondamenta, impiegando uno ſtrato di sì fatta compoſizione, ed un altro di pietre di buona qualità, e di poca grandezza; quindi un altro ſtrato della ſteſſa compoſizione; e così alternando, ſi procederà ſino a che la fabbrica ſia qualche piede ſotto la ſuperiore ſuperficie dell' acqua; s' impiegheranno in ſeguito le pietre di mag-

maggior grandezza, ed indi quelle di taglio, e ſi uſeranno tutte le avvertenze ſpecificate (n. 218.). Si avverta che la compoſizione del calceſtruzzo, e delle piccole pietre ſi deve introdurre ſino al fondo nella maniera additata (n. 217.) Procedendo in sì fatta guiſa, a proporzione che s' incaſſano le materie, ne vien ſcacciata l' acqua, onde quelle ſi conſolidano in maniera, che dopo qualche meſe la fabbrica diviene inſolubile; e ſi va quindi a togliere tutto il legname impiegato.

221. La terza maniera di fondare nel mare, e ſoprattutto lungo i lidi, ove le boraſche ſono più frequenti, e le acque più profonde, e più agitate, è quella d' impiegare grandi caſſe di legno calefatate, nelle quali poi vi ſi fabbrica a ſecco. Sì fatte caſſe ſi debbono coſtruire in modo, che poſſano agevolmente diſcomporſi, per poter impiegare nella coſtruzione di altre caſſe conſimili, il legname, che ſe ne trae, eccetto quello delle baſi, che rimane ſott' acqua. Eſſendoſi coſtruite, ſi diſpongono ne' ſiti, ove devono approfondarſi, l' una appreſſo l' altra, ritenendevole con macchine, con corde, e con ancore; ſupponendo che ſiaſi an-

antecedentemente uguagliato il ſuolo ſu cui debbono poggiare. Allorchè ſieno sì fattamente diſpoſte, i muratori vi entreranno, e vi fabbricheranno con calceſtruzzo, e con materiali atti a conſolidarſi nel più breve tempo poſſibile. Dalla parte anteriore ſi metteranno in opera pietre da taglio, dure, e ben intralciate. Nelle unioni tra una caſſa e l'altra, ſi laſceranno de' riſalti, per poter poi unire le mura contenute nelle caſſe, allorchè queſte ſi vanno a diſcomporre.

222. Col creſcere il peſo della fabbrica, le caſſe s'immergono nell'acqua; ſi deve perciò diligentemente oſſervare, ſe ſerbino l'allineamento neceſſario, per corrigerne i deviamenti. Giunte poi che ſieno al fondo, e che la fabbrica interna ſia due piedi ad un di preſſo ſotto il livello dell'acqua, ſi laſcia raſſettare e conſolidare per qualche tempo. Di poi ſi ſcompongono le caſſe, e ſi ſituano nelle parti anteriori delle commeſſure, che vi ſono tra una caſſa e l'altra, de' tavoloni, acciocchè impediſcano l'adito all'acqua, ſeguita che ſia la ſcompoſizione del legname delle caſſe medeſime. Si uniſcono i pezzi diſgiunti di fabbrica, met-

mettendo in opera i materiali, ed il calceſtruzzo più volte indicato; e quando ſi conoſca che ſi ſieno conſolidati, ſi toglieranno i tavoloni poſti dalla parte anteriore. Si proſeguirà finalmente la fabbrica ſopra la ſuperficie dell' acqua con pietre di taglio, laſciando de' margini, allorchè ſia neceſſario. Speſſo rieſce difficile di far uſo di sì fatte caſſe, onde invece delle medeſime ſi fa uſo di barche ben ancorate, e colligate inſieme, nelle quali ſi fabbrica fino a che vadano colla propria gravità a poggiare ſul fondo.

223. Quanto alle ſteſſe caſſe è d' avvertirſi, che eſſer debbono di figura parallelepipeda, e di grandezza tale, che qualora ſian piene di fabbrica non poſſan eſſer moſſe dall' impeto de mare. Si debbono poi coſtruire con groſſe travi ben conneſſe, e con tavoloni anneſſi alle medeſime, affinchè ſieno reſiſtenti, quantunque ſi debbano coſtruire in modo da poterſi ſcomporre, ſiccome ſi è detto (n. 221.). Eſſer debbono inoltre più alte dell' altezza che ha l' acqua ne' ſiti, ove ſi hanno da impiegare, miſurato però ne' tempi delle maggiori maree; e ſi debbono finalmente ben calefatare.

224.

224. Per determinare le dimenſioni dell'additate caſſe; biſogna regolarſi colle diverſe coſtruzioni, che ſe ne ſono fatte ne' diverſi ſiti del Mediterraneo, e dell' Oceano, per poterne far uſo ne' caſi ſimili. Si potrebbe per sì fatta determinazione calcolare per approſſimazione almeno la velocità, colla quale il mare nelle maggiori burraſche percuote la ſuperficie delle caſſe, affinchè tenendo conto dell' altezza, ſi poſſa alle medeſime proporzionare una baſe tale, che il ſolido di fabbrica da coſtruirviſi rimanga immobile ne' tempi boraſcoſi.

225. Per determinare colla maggiore approſſimazione l' additata velocità, è da ſaperſi, che da molte oſſervazioni coſta, che i baſtimenti più atti a camminare, andando a ſeconda del vento non meno, che della corrente, nelle grandi burraſche, percorrono in un' ora ſedici miglia, di mille paſſi l' uno. Si può quindi in queſta ipoteſi determinare quale ſpazio percorrano in un minuto ſecondo, conſiderando, in queſto intervallo di tempo, il moto uniforme; ed uniforme quindi la loro velocità, o ſia dell' acqua nello ſteſſo minuto ſecondo. Eſſendoſi poi determinata la velocità,

colla

colla quale l' acqua del mare agiſce contro le caſſe nelle più violenti burraſche, ed eſſendo nota la ſuperficie ſu cui l' acqua agiſce, e 'l peſo di un piede cubico di fabbrica, ſi potranno colle leggi meccaniche determinare le altre dimenſioni delle caſſe, acciocchè contengano un ſolido, che poſſa reſiſtere all'urto dell' acqua.

226. Se in tal guiſa ſi proceda in determinare le caſſe, ſi agirà con vantaggio della reſiſtenza. Imperocchè coſta dalle oſſervazioni, che un galleggiante che ſi faccia cadere da un baſtimento che corra nel modo additato (n. 225.), vien traſportato con minor velocità di quella del baſtimento. Quindi la velocità dell' acqua corriſpondendo a quella del galleggiante, ſarà minore di quella poſta a calcolo. Di più l' acqua del mare a 15. piedi ſotto la ſuperficie ſuperiore è meno agitata della ſopraſtante; qualora non ſi conſideri negli ſtretti, ove agiſcono le correnti. E lo ſtropicciamento, che le caſſe formano colle baſi ſottopoſte, dà anche un vantaggio a favor della reſiſtenza.

227. Finalmente per ben ſtabilire le fondamenta per mezzo dell' additate caſſe, oltre la di-

diligenza che conviene uſare per uguagliare il fondo, ſu cui debbono poggiare, biſogna evitare le boraſche nel tempo della coſtruzione. Le oſſervazioni fatte da' marinaj de' luoghi ove deveſi edificare; la poſizione delle montagne; e le oſſervazioni barometrali poſſono condurre a determinare il tempo più adatto per conſimili lavori. L'anticipata preparazione di tutti i materiali, e di tutte le macchine neceſſarie all' eſecuzione, e la ſollecitudine degli artieri può anche evitare molti accidenti, che rendono ſovente difficoltoſi, e diſpendioſi oltre modo i lavori di cui ſi parla (1).

CA-

(1) Chi deſidera diſtintamente inſtruirſi ſulle tre maniere eſpoſte di fondare nel mare, e delle macchine neceſsarie a tal uopo, legga Belidoro *Arch. Hydraut.* Tom. II. Lib. III. Chap. X. & XI.

CAPITOLO VI.

Delle principali proprietà de' legnami; del modo di esaminarne la resistenza; e dell' uso de' medesimi nella costruzione degli Edifizj militari, e de' ponti.

ARTICOLO I.

Si additano le principali proprietà de' legnami, e si divisa la specie di quelli, che s' impiegano nelle fabbriche.

228. LE proprietà più essenziali de' legnami, quanto all' uso di cui quì si parla, riguardano la coerenza delle loro parti componenti, donde deriva la loro resistenza, che devesi principalmente esaminare, poichè i legnami nella costruzione delle fabbriche debbono, pel tempo il più lungo che si possa, resistere al peso. La resistenza medesima intanto deriva dalla organizzazione degli alberi; dalla loro età; dalla diversità del clima, e del terreno in cui crescono; dall' arte di tagliarli, e

farli ſtagionare; e finalmente dalla loro diverſa ſpecie.

229. Non è queſto il luogo di eſporre una diſtinta, ed anatomica organizzazione degli alberi (1); ma è pur neceſſario di dir poche coſe ſulla maniera colla quale i medeſimi creſcono, e ſi formano. Un ſeme di un albero poſto nel terreno ad una giuſta profondità, produce una pianta. Queſta creſce, e s' induriſce, e forma in un anno un teſſuto legnoſo, con un bottone nell' eſtremo ſuo ſuperiore. Queſto ſi ſpande, e sbuccia nell' anno ſuſſeguente, cacciando fuori un virgulto ſimile al primo, ma più vigoroſo; s' ingroſſa e ſi eſtende anche di più, e produce nel ſuo eſtremo un altro bottone. Ripete la natura in ciaſcun anno conſimili ſviluppi, e quindi deriva la creſcenza degli alberi in altezza.

230. La creſcenza degli alberi ſteſſi in groſſezza, ſi forma nel ſeguente modo. Il primo bottone, di cui è ſtato di ſopra detto, tira il

(1) Si leggano l' eſperienze del Sig. Grew, di Malpighi, di Hales, e di Leeuweenhoeck.

il ſuo ſucco nutritizio per mezzo de' piccioli canali che ſono nello ſtelo de'la pianta, e de' quali i principali ſono propriamente poſti tra la ſcorza, e 'l teſſuto legnoſo. L' azione di un sì fatto ſucco nel tempo iſteſſo che eleva il bottone, e fa innalzare la pianta, dilata i canali, e ſcorrendovi continuamente vi depoſita delle parti, le quali vi ſi fiſſano, e ne aumentano la ſolidità. Quindi l' arboſcello nel ſecondo anno contiene nel ſuo mezzo un teſſuto legnoſo in forma di cono allungato, ch'è lo ſviluppo del primo anno, ed un altro ſtrato legnoſo, e conico altresì, che lo inviluppa, e che il ſorpaſſa, e che propriamente è lo ſviluppo del ſecondo anno. Il terzo ſtrato ſi forma come il ſecondo, e 'l quarto come il terzo, e così degli altri; in guiſa che un groſſo albero è un compoſto di coni legnoſi, che s' inviluppano, e ſi ricoprono fintanto che termina l' intera ſua creſcenza. Onde ſe ſi faccia una ſezione perpendicolare alla lunghezza di qualunque albero, ſi veggono in eſſa le faſce legnoſe, che ſi ſono formate annualmente, e che indicano quindi col loro numero l' età dell' iſteſſo albero.

231. Or la groſſezza di sì fatte faſce varia negli alberi dell' iſteſſa non meno, che di diverſa ſpecie. La ſoſtanza, che uniſce le diverſe faſce, è meno reſiſtente di quella che produce lo ſviluppo dell' albero in altezza. In fatti i canali longitudinali s'ingroſſano, ed acquiſtano ſolidità pel ſucco che vi ſi depoſita. Da' medeſimi poi partono per ogni dove picciole barbe, o ſiano filamenti, i quali da una parte producono la ſcorza, e dall' altra, attaccandoſi al legno dell' anno antecedente, formano il legame tra le faſce, o ſieno coni legnoſi, in modo che tra una faſcia, e l' altra vi ſi oſſerva un teſſuto ſpongioſo, poroſo, e di non molta groſſezza.

232. Dall' eſpreſſata ſtruttura degli alberi ſi rileva; che la reſiſtenza longitudinale ſia maggiore della traſverſale; che degli alberi ugualmente groſſi, ſieno più reſiſtenti quelli, che ſono formati da minor numero di faſce; che in ſegare gli alberi, ſi minora la reſiſtenza del legname, qualora le faſce legnoſe vengono ſegate in modo che reſtino tagliati ed interrotti i filamenti longitudinali: e che ſia finalmente un errore il voler calcolare la reſiſtenza

de'

de' legnami dall' esperienze che si sieno fatte sulle piccole stanghe , in cui avviene sempre che restano segati i filamenti longitudinali.

233. Di qualunque specie che sieno gli alberi, partecipano sempre della natura del terreno, e del clima, in cui sono cresciuti. Gli alberi de' luoghi aridi, pietrosi, e sabbiosi sono ordinariamente molto resistenti , ed atti a reggere gran pesi. Quelli che crescono in luoghi paludosi sono poco resistenti. Gli altri esposti al mezzo giorno , ed al levante sono gradatamente di miglior qualità di quelli , che esposti sono al settentrione, ed al ponente (1). Inoltre gli alberi , che crescono distanti gli uni dagli altri, essendo più esposti al sole di quelli che crescono uniti, hanno più consistenza de' medesimi. Degli alberi poi della stessa specie , e della stessa età sono più resistenti quelli che hanno avuto maggior crescenza. I più giovani sono meno resistenti , che i più vecchi ; e in un istesso albero la parte più vicina al nocciuolo è più resistente di quella,

(a) Vitr. Cap. X. Lib. II.

che più si approssima alla scorza; ed il legno del tronco è più resistente di quella, che è verso la cima, e di quello de' rami.

234. Varia altresì la tenacità ne' legni, secondo che varia la siccità, e l'elasticità loro. Il legno verde, ed elastico si rompe più difficilmente, che il secco, ma è soggetto a cambiamenti contrarj alla sodezza, ed alla bel'eza delle fabbriche. Di più siccome l'età contribuisce a render gli alberi più resistenti, non se ne deve far uso prima che non siasi terminato l'intero loro sviluppo, e la loro crescenza. Neppure se ne ha a far uso dopo questo tempo, poichè comincia allora a manifestarsi la loro decadenza, e perdono la coerenza, e resistenza, che aveano acquistata.

235. Per augumentare la solidità, e la resistenza ne' legnami, è necessario di tagliar gli alberi a tempo proprio, e con date preparazioni, e quindi farli ben seccare, e stagionare. Or il tempo più adatto al taglio degli alberi, dev' esser quello, in cui il succo nutritizio è il meno abbondante, giacchè la grande umidità gl' indebolisce, dilatando di soverchio le fibre. Si vuole comunemente che si deb-

debbano tagliare dal meſe di Novembre a tutto il meſe di Febbrajo. E' poi un errore popolare il credere, che il taglio degli alberi ſi abbia da fare a luna ſcema, ſulla ſuppoſizione che ne' plenilunj ſieno più abbondanti di umore. Le ſole oſſervazioni dell'Igometro fanno conoſcere sì fatto errore, oltre quelle fatte da' Fiſici riguardo ai mobiliſſimi raggi lunari raccolti ne' ſpecchi uſtorj. Onde i più ſavj Architetti hanno diſprezzato queſto errore popolare (1).

236. Quanto alle preparazioni da praticarſi prima che ſi venga al taglio degli alberi; è da ſaperſi, che comunemente, e da tempi remoti, ſi pratica d' incidere gli alberi ne' ſiti, ove ſi ha a fare il taglio, ſino al vivo del legno. In sì fatta guiſa ſi dà ſcolo a quell' umidità, che produce la putredine, e guaſta il legname (2). L' additata inciſione ſi fa ne' principj di autunno; ſi tagliano dopo qualche tempo i rami, poichè gli umori s' inſinuano

(1) Vitr. Lib. II. Cap. IX.
Gautier. *Architect. francoiſe*.
(2) Vitr. *loc. cit.* Alberti Lib. II. Cap. IV.

nelle piante anche per le frondi, ſiccome ſi dimoſtra da' Naturaliſti (1). Si laſciano sì fattamente fino al meſe di dicembre; e da queſto tempo in poi fino a tutto il meſe di febbrajo ſi abbattono al ſuolo.

237. Per proccurare vie più la ſolidità, e la reſiſtenza ne' legnami ſi è progettato, che nella primavera ſi ſpoglino della ſcorza da capo a fondo, e che ſi laſcino ſtare fino a che ſi eſtingua la vegetazione, dopo del qual tempo poi ſi abbattano al ſuolo. In sì fatta guiſa ſi ha un legname più peſante, più duro, e più reſiſtente di quello che dà il metodo ordinario. Infatti ſe ſi rifletta alla maniera, colla quale gli alberi creſcono in groſſezza, ſi rileva che ſpogliandoli della ſcorza, tuttochè ſeguitino a vegetare, non poſſono aumentare i coni, o le faſce legnoſe; quindi la ſoſtanza, che dovrebbe produrle ſi va ad inſinuare, ed a fiſſare ne' pori del legno già creſciuto, e lo deve perciò rendere più peſante, più duro, e più

(1) Peral. *In notis ad Vitr.* Lib. II. Cap. IX. Mariot. *Eſſai premier de la Veg. des Plant.*

più reſiſtente. Tutto ciò vien confermato dall' eſperienze (1). Non è ſtato poi un metodo sì fatto generalmente praticato, perchè forſe preggiudizievole allo sbucciare de' nuovi rampolli.

238. Or ſupponendo che ſieno gli alberi tagliati col metodo comune (n. 236.), conviene che ſi faccia ben ſtagionare il legname, che ſe ne trae. Se ne deve perciò toglier la ſcorza, e farlo ſeccare ugualmente, ſenza che ſia eſpoſto a' raggi ſolari, alle pioggie, ed alle altre ingiurie delle ſtagioni. Diſpor ſi deve in modo che non tocchi ſulla terra, acciocchè non ne attragga l' umido; e ſe ne debbono combinare i diverſi pezzi in guiſa, che circoli dappertutto liberamente l' aria. Comunemente ſi crede, che non poſſa ſtagionarſi prima di tre anni, qualora ſe ne abbia a far uſo nelle fabbriche.

239. Ordinariamente per l' uſo delle fabbriche,

(1) L' eſperienze ſono ſtate fatte dal Sig. Duhamel, e da Buffon. Si leggano a tal propoſito le Memorie dell' Accademia Reale di Parigi del 1776., e 'l Sig. Meſange *Traitè de Charp.* P. I. Cap. V.

che, il legname ſi compra tagliato, e ſtagionato. In queſto caſo ſe ne conoſcono le buone o cattive qualità nelle ſeguenti maniere. Si getti ſu una eſtremità del legname una quantità di olio di ulivo molto caldo, queſto ſtriderà, ſe l' albore è ſtato creſciuto in ſito acquoſo, e paludoſo, a cagione dell' acrimonia de' ſali, de' quali abbonda; non vi penetrerà poi nè interamente, nè dappertutto, ſe l' albore ſia ſtato tagliato pregno di umidità; all' oppoſto l' olio vi penetrerà, e ſenza ſtridore dappertutto, allorchè ſia ſtato tagliato a tempo opportuno, e colle neceſſarie preparazioni. Per aſſicurarſi poi che un pezzo di legname non ſia guaſto nell' interno, ſi percuota col martello in una delle ſue eſtremità, e dall'altra ſi aſcolti, qual ſpecie di ſuono renda; ſe il ſuono è fioco, e fievole, il legno ſarà guaſto; ſe poi ſia netto, e ſonoro, ſarà di buona qualità nell' interno.

240. Molte ſono le ſpecie de' legnami, e lungo ſarebbe il volerle quì diſtinguere, ma ſe ne diviſano ſoltanto le principali, con additarne le proprietà più eſſenziali. La quercia tuttocchè ſi diſtingua in varie ſpecie ſerve gene-

neralmente a molti uſi di un edifizio. Si adopra con vantaggio nelle palificate, poichè coſtando di molte parti terreſtri s' indura all'umido. Si fende però, allorchè rimane eſpoſta al ſole, ed all' aria aperta. Non è la medeſima ſervibile in tutti i tempi della ſua età. L'eſperienze fiſſano l' età, in cui ſi rende più utilmente ſervibile, da' 60. anni in poi, ſino ai 200., dopo del qual tempo ſi conſidera nello ſtato di decadenza.

241. Il caſtagno è un legname molto atto per le fabbriche, qualora ſia ben ſtagionato, e tagliato a tempo proprio, poichè nè ſi gonfia, nè ſi fende, ed è ſufficientemente fornito di parti terree, onde s' induriſce facilmente. Si ſperimenta perciò utile nella coſtruzione de' tetto; degli edifizj. E' però ſoggetto a' tarli, a cagione dell' umido oleoſo, che contiene, e ſi ſcheggia anche di leggieri.

242. L' abete è leggiero, nè ſi piega facilmente, quindi ſi rende utile a molti uſi, che riguardano la coſtruzione di un edifizio. Coſta intanto di parti ſecche poroſe, ed oleoſe, onde è molto ſoggetto al fuoco, ed al minuto intarlamento. Si è ſperimentato buono per

le

le travi che formano i ſolai degli edifizj.

243. L' alno è dotato di molte parti terree; ed è compatto, e reſiſtente; e quindi di ottimo uſo per le paliſicate de' fondamenti ne' luoghi acquoſi, e paludoſi.

244. Il pioppo, il tiglio, ed il ſalce ſono legnami leggieri, facili al lavoro, e pieghevoli: abbondano d' umido, onde ſi rendono fragili, nè atti agli uſi, che poſitivamente riguardano la coſtruzione degli edifizj, tuttocchè ſieno ottimi per gli ornati, e per l' altre opere interne de' medeſimi.

245. Il pino, e 'l cipreſſo ſi piegano con facilità, ma hanno il vantaggio di non generare tarli, poichè abbondano di ſucchi amari.

246. L' olmo ed il fraſſino ſono pieghevoli, onde neppur ſervono per le coperture degli edifizj. Il faggio ſi piega anche facilmente, ed è poco reſiſtente, poichè è fornito di poche parti terree, e di molte umide, e contiene molti pori. S' impiega negli edifizj per gli uſi poco rilevanti.

247. L' ulivo è un legname aſſai compatto e duro; reſiſte molto nelle fondamenta, ſoprattutto ſe ſi abbruſtoliſca prima che ſi metta in

ope-

opera. Il larice finalmente non ſi tarla, non è ſoggetto a marcire, e reſiſte molto al fuoco. Vitruvio credette queſto legno incombuſtibile; e non altrimente pensò Plinio; Ma l'uno e l'altro s'ingannarono (*).

ARTICOLO II.

Del modo di calcolare la reſiſtenza de' legnami per farne uſo nella pratica.

248. DA quanto è ſtato detto nell'Articolo antecedente ſi rileva, che la reſiſtenza de' legnami ſi diſtingua poſitivamente in traſverſale, ed in longitudinale. Si dice traſverſale quella che uniſce le fibre, i filamenti, e le faſce legnoſe, onde riſulta la groſſezza del legname. Longitudinale poi ſi dice l'altra che uniſce le parti componenti le fibre, i filamenti, ed i coni legnoſi, donde riſulta la lunghezza del legname medeſimo. Or avendo riguar-

(*) Il Palladio, lo Scamozzi, ed altri trattano diviſatamente de' legnami atti alle fabbriche.

guardo all' uſo che ſi fa de' legnami, ſi poſſono conſiderare le additate reſiſtenze ne' tre ſeguenti caſi principali. I. Può un legname reſiſtere ad una preſſione che agiſce per ſchiacciarlo. II. Può reſiſtere ad una preſſione, che tende a diſſunire le fibre, ed i filamenti legnoſi, con ſuperare la tenacità traſverſale. III. Reſiſter può ad ogni preſſione, e ad ogni forza che tende a ſpezzarlo traſverſalmente alla ſua lunghezza, ed a ſuperare conſeguentemente la tenacità longitudinale.

249. Quanto al primo caſo, i legni che reſiſtono, aver poſſono due poſizioni. Imperocchè o ſi comprime traſverſalmente alla lunghezza delle fibre o ſiano filamenti, o a ſeconda e nella ſteſſa direzione de' filamenti medeſimi. La prima poſizione viene eſpreſſata nel legno
Fig. 39. ACBD, il quale avendo le fibre nella direzione CB, vien preſſo o da una colonna X; ovvero ſerve di appoggio a X, conſiderato come puntello; o finalmente ſi può eſprimere
Fig. 40. nel legno CD, le cui fibre procedono ſecondo la direzione CD, ſervendo lo ſteſſo di contraſto a' legni M, ed N, a' quali reſiſte. Nell' additata poſizione la reſiſtenza è molto gran-

grande , poichè le parti del corpo reſiſtono coll' intera loro robuſtezza , nè poſſono cedere che ſchiacciandoſi . La ſeconda poſizione viene denotata dal legno B H , il quale vien preſſo verticalmente ſulla ſuperficie ſuperiore ABCD, Fig. 41. ed in cui le fibre procedono ſecondo la direzione AE . In una sì fatta poſizione , ſe il legno è infleſſibile , e 'l corpo comprimente combacia eſattamente ſulla ſuperficie ABCD , e 'l legno BH coll' altra EFGH ſul ſuolo , la reſiſtenza ſarà grandiſſima , poichè oppone l' intera robuſtezza longitudinale .

250. Quanto poi al ſecondo caſo . La tenacità traſverſale ſi diſtingue in aſſoluta , e relativa . Diceſi aſſoluta allorchè il legno ſi fende , e ſi diſſuniſce quaſi che in un tratto ; e relativa qualora la diſſunione ſi fa ſucceſſivamente . Sia un legno MS conficcato immobilmente nel muro X , e le ſue fibre procedano ſecondo la direzione SQ , e a ſeconda di queſta venga preſſo ; lo ſteſſo , reſiſterà colla reſiſtenza traſverſale aſſoluta , la quale vincendoſi , produce quaſi che iſtantaneamente la diſſunione per eſempio OP . Se poi ſia un legno O , Fig. 43. in cui le fibre procedano ſecondo la direzione Fig. 42.

BD ,

B D, e ſia tirato da due forze, che agiſcano per direzioni còntrarie verſo A, e G; reſiſterà il medeſimo colla reſiſtenza traſverſale relativa, la quale è ſempre minore dell' aſſoluta, ſiccome ſi rileva dall' eſperienze.

251. Finalmente quanto al terzo caſo. La reſiſtenza longitudinale ſi diſtingue anche in aſ-
Fig. 14. ſoluta, e relativa. Sia un legno MNQO immobilmente poſto nel corpo X, e ſia tirato da una forza P ſecondo la direzione M O, ch' è quella delle fibre, reſiſterà lo ſteſſo allo ſpezzamento colla reſiſtenza aſſoluta. Se poi la forza, o il peſo agirà perpendicolarmente ad OM, cioè da O verſo Q, la reſiſtenza ſarà relativa, e ſarà minore dell' altra, poichè la forza agiſce col vantaggio della leva.

252. Nella poſizione prima del I. caſo (n. 249.), eſſendo il legno reſiſtente di una ſufficiente groſſezza, reſiſterà ad ogni peſo, ſiccome è chiaro per le coſe dette, e per la giornaliera eſperienza, onde non biſogna farne ulteriori determinazioni. Nella poſizione poi ſeconda dello ſteſſo I. caſo; ſarà la reſiſtenza grandiſſima, e non vi ſarà biſogno per l' uſo pratico di ricorrere ad eſperienze, nè a teori-

che

che per calcolarla, ſe ſi verifichino le due condizioni accennate (n. 249.), vale a dire ſe vi ſia tal proporzione tra la groſſezza e l' altezza del legno , che ſi renda infleſſibile ; e ſe le ſuperficie eſtreme, ed oppoſte del legno combacino eſattamente col corpo comprimente, e coll' altro ſu cui poggia. Imperocchè, mancando la prima condizione , il legno ſi piega allorchè ſi grava di peſo, onde non più opporrà la ſua reſiſtenza, che deriva dall' intera robuſtezza longitudinale aſſoluta, ma bensì la ſola reſiſtenza longitudinale relativa , la quale n' è minore di molto (n. 251.). Se poi manca la ſeconda condizione, il legno opporrà la reſiſtenza traſverſale, onde ſi fenderà con facilità.

253. Per determinare la reſiſtenza traſverſale aſſoluta, e relativa conviene ricorrere all' eſperienze. Queſte ſi devono fare in ciaſcuna ſpecie di legno , per farne uſo nella pratica, notando con eſattezza le grandezze delle ſuperficie , che hanno i legni nelle parti diſſunite , ed i peſi che producono le diſſunioni. Avendo infatti il riſultato di sì fatte eſperienze, ſarà facile il determinare ne' legni ſimili

il peſo, che produce la diſſunione in una data ſuperficie, o la ſuperficie che reſiſter deve ad un dato peſo, qualora agiſca queſto ſecondo la direzione delle fibre del legno. Imperocchè ne' legni della ſteſſa ſpecie, e poſti nelle ſteſſe fiſiche circoſtanze, le reſiſtenze traſverſali eſſer debbono proporzionali alle ſuperficie di diſſunione.

Fig. 45. 254. Or ſi ſupponga il legno ABCDEF, in cui le fibre procedano ſecondo le direzioni BC, ED; e ſia poi il puntello RQSZ, che prema con forza coſtante lo ſteſſo legno, per produrne la diſgiunzione della parte EFLD, con vincere la tenacità traſverſale aſſoluta nella ſuperficie rappreſentata da FL. Il puntello additato farà il maſſimo sforzo, qualora agirà con una direzione parallela a BC, che è quella delle fibre. Si minorerà poi lo sforzo ſuddetto, ſe forma angolo colla ſteſſa BC, o ſia AL, a ſeconda che l'angolo iſteſſo, o il ſuo uguale QSM ſi fa maggiore. Svanirà in fine l'effetto dell' azione per diſgiungere il legno in FL, allorchè l'angolo ſuddetto divien retto, vale a dire allorchè la poſizione del puntello ſia quella della perpendicolare OS. Quindi

di ſe la forza premente ſarà eſpreſſa dal raggio S M, diſcomponendola nelle due M N, N S, in qualunque poſizione ſi potrà ſempre determinare la perdita della forza in quanto all' effetto della diſgiunzione.

255. Sia inoltre il legno ABCD fiſſato im- Fig. 46.
mobilmente nella parte ſuperiore AB. Agiſca in C un peſo, o una forza per vincere la tenacità traſverſale relativa, e fenderlo quindi per una direzione parallela a DC; la forza, o il peſo farà il maſſimo effetto, agendo per la direzione CG perpendicolare a DC. Si minorerà poi l' azione quanto al ſuddetto effetto a miſura che la direzione della forza farà con D C un angolo minore del retto, tuttochè ſi aumenti l' azione per vincere la reſiſtenza traſverſale aſſoluta fino a che ſi combaci con CD, nella quale poſizione diviene la maſſima per produrre queſto effetto. Paſſando la ſteſſa direzione al di ſopra di CD, come CE, ſi minorerà anche l' azione per vincere la tenacità aſſoluta, a proporzione che l' angolo DCE ſi fa maggiore, ed allorchè queſto diviene retto, la forza agirà contro la reſiſtenza, che naſce dalla robuſtezza traſverſale, poichè il legno

ABCD si è supposto fissato immobilmente nella parte superiore AB.

256. Finalmente, se lo stesso legno fosse immobilmente conficcato in un muro colla parte AD, resisterebbe a tutti i suddetti sforzi colla resistenza longitudinale relativa. Essendo tirato verso M, resisterà colla resistenza assoluta longitudinale, se la direzione della forza è a seconda di quella delle fibre. Se poi sia tutt'altra, ma compresa nel semicerchio GMO; resisterà colla longitudinale relativa. Per determinare sì fatte resistenze conviene ricorrere all' esperienze, affinchè si possa determinare ne' casi simili, e ne' legnami della stessa specie, qualora ne sieno note le dimensioni della larghezza e della grossezza, le rispettive resistenze de' medesimi; poichè le resistenze debbon essere proporzionali alle superficie di rottura.

257. Vi sono molti casi in pratica, ne' quali si fa uso della resistenza longitudinale assoluta, come nell' innalzamento delle colonne e delle statue; nella costruzione de'ponti, ed in altre cose simili. Più sovente poi si fanno resistere i legni nella pratica colla resistenza longitudinale relativa. Infatti con questa resisto-

no i puntelli, allorchè divengono fleſſibili; allorchè un legno ſi conficca con un eſtremo ſolo in un muro, e ſi applica la forza nella ſua lunghezza; ed allorchè le travi poggiano co' loro eſtremi ſulle mura, e che ſieno, o nò vincolati.

258. Quanto a' legni che s' impiegano come puntelli, allorchè divengono fleſſibili, non più reſiſtono colla robuſtezza longitudinale, ma bensì colla reſiſtenza longitudinale relativa. Per determinare una reſiſtenza sì fatta, aver ſi debbono dell' eſatte eſperienze, fatte con premere i legni ſituati verticalmente da ſopra in ſotto ſino a che vadano a piegarſi, e finalmente a ſpezzarſi; colla diſtinzione de' legni adoprati, de' peſi che ne hanno prodotto il piegamento, e di quelli che ne hanno prodotto la rottura.

259. Avendo sì fatte eſperienze, volendo determinare ne' legni della ſteſſa ſpecie, le reſiſtenze riguardo alle diverſe loro dimenſioni, tanto pel piegamento, che per lo ſpezzamento, può applicarſi il teorema additato (n. *66.*), vale a dire. *Che le reſiſtenze ne' parallelepipedi, ed in tutti i corpi ſimili fleſſibili, che vengono verticalmente gravati di peſi, ſono in ra-*

gion compoſta dell' inverſa ragion duplicata delle altezze , della ſemplice diretta della larghezza , e della duplicata della groſſezza . Con queſto teorema , e colle ſperienze già dette , ſi poſſono riſolvere tutti i problemi , che ſu queſto aſſunto dar ſi poſſano in pratica , facendo uſo della formula additata (n. 68.) , e che fu dallo ſteſſo teorema dedotta .

260. Nella ſoluzione degli eſpreſſati problemi , qualora ſi conoſca , che un legno , di cui debba farſi uſo nella pratica come puntello , poſſa piegarſi , ſi potranno uſare due puntelli collaterali P , Q , poichè rendendo in sì fatta guiſa inflеſſibile il puntello MN ſino ad O ; ſarà la ſua reſiſtenza ſenza i puntelli di contraſto , a quella che opporrà fornito de' medeſimi , come il quadrato di MO al quadrato di MN (n. 260.) . Quindi con sì fatti ripieghi , i legni adoprati come puntelli ſi poſſono rendere in tutto , o in parte inflеſſibili .

Fig. 47.

261. Quanto poi alla determinazione della reſiſtenza longitudinale relativa , in tutti gli altri caſi additati (n. 258.) , vi è ſempre neceſſità di ricorrere all' eſperienze . Quando le medeſime ſi abbiano con eſattezza ; volendo ,

ne' legni della ſteſſa ſpecie, riſolvere i problemi, che conducono alla determinazione o delle dimenſioni de' legnami, qualora ſieno dati i peſi de' quali ſi debbono gravare, o de' peſi allorchè le dimenſioni ſieno date; è da ſaperſi, che tutti coloro che hanno ſcritto ſulla reſiſtenza de' ſolidi in generale, e de' legni particolarmente, vi hanno proceduto con una regola coſtante contenuta nel ſeguente teorema. *Le reſiſtenze, ne' legni della ſteſſa ſpecie, ſono in ragion compoſta dell' inverſa delle lunghezze, della diretta delle larghezze, e della duplicata delle groſſezze, o ſieno altezze.* Queſta regola è quella di Galileo adottata da tutti i Matematici, e ch' è vera ne' ſolidi inflеſſibili, e che ſi ſpezzano quaſi che inſtantaneamente. Ne' ſolidi elaſtici però non ſi verifica, poichè nello ſpezzamento di queſti una parte delle fibre ſi allunga, nel tempo ſteſſo che l'altra ſi raccorcia, e riagiſce conſeguentemente (1).

262. Il Signor di Buffon è ſtato il primo

(1) Si legga ſu queſto aſsunto una Memoria del Sig. Bernoulli inſerita negli Atti dell' Accademia di Parigi dell' anno 1705.

che ha fatto vedere con più esatte esperienze, che l'additata regola non si verifica nella pratica. Infatti ha egli dalle stesse sperienze, tra le altre cose, rilevato, che la forza del legno non è proporzionale al suo volume. Un pezzo di legno doppio, o quadruplo di un altro ugualmente lungo, è assai più resistente del doppio, e del quadruplo dell'altro. Un pezzo dell'istessa grossezza di un altro, ma meno lungo non aumenta la resistenza nella ragione inversa della lunghezza, ma in una ragione minore. Determina in seguito, che la regola, con cui si stabilisce, che la resistenza ne'legni sia nella ragione inversa delle loro lunghezze, allorchè sieno uguali le altre dimensioni; si osserva meno in pratica, allorchè sono più corti. Di più, l'altra parte della regola, con cui si stabilisce, che le resistenze sieno in ragion diretta della larghezza, e nella duplicata dell'altezza, quando le lunghezze sieno uguali, si verifica ad un dipresso ne'legni più corti di 18. piedi; e si trova fallace ne' legni più lunghi.

263. Or avendo il Buffon ridotto tutte le sue esperienze fatte su' legni di quercia, in

sette

ſette tavole, ed avendo nella ſettima indicato come la regola de' Matematici ſi diparta dall' eſperienze, ſi è creduto utile inferirle nella fine di queſto Articolo. Se ne potrà infatti far uſo nella pratica per tutti i caſi ſimili, e ſi potrà altresì far uſo della regola de' Matematici con quelle modificazioni, che poſſono rilevarſi ſpecialmente dalla tavola ſettima. Ma per meglio intendere l'uſo che far ſi poſſa di eſſa; è da ſaperſi che il rapporto tra l' eſperienza, e la regola de' Matematici è ſtato fatto co' riſultati, che il Signor di Buffon ebbe dall' eſperienze fatte su' legni di pollici 5. in quadro notate nella colonna terza. Nell' altre colonne il primo numero ſuperiore ſpecifica il riſultato del calcolo, avendo per vera la regola de' Matematici, ed ammettendo per dati l' eſperienze della terza colonna; l' altro numero poi eſprime il riſultato effettivo dell' eſperienze. Per eſempio in un legno della lunghezza di piedi 10. e della groſſezza in quadro di pol. 5., il peſo determinato coll' eſperienza è di libre 7125. In un legno lungo anche piedi 10., ma di pol. 4. in quadro, col calcolo, ſecondo la regola de' Matematici ſo-

ſtie-

ſtiene di peſo 3612., coll' eſperienza poi effettiva il peſo è 3648. (1).

264. Per venire ſempre più all'uſo pratico, che far ſi deve de' legnami: ſi ſupponga che
Fig. 48. una trave AB ſi debba impiegare per reggere ad un dato peſo, con ficcarſi nel muro M N un ſolo de' ſuoi eſtremi. Situar ſi deve in modo che poggi nel muro colla ſuperficie, che ha la minor dimenſione, conſiderata come larghezza, e che reſiſta colla maggiore, ch'è la groſſezza, o ſia altezza. Imperocchè creſcendo la reſiſtenza nella duplicata ragione dell'altezza, ſi farà maggiore di quanto creſce il ſuo quadrato; ed in queſto caſo l' eſperienze non diſcordano dalla regola. Inoltre ſe mai nel caſo di cui ſi tratta, avendo calcolato la reſiſtenza della trave AB, ſi tema che poſſa piegarſi, o ſpezzarſi, s'impiegherà al di ſotto un puntello P Q, che renderà A B o infleſſibile del tutto, o in parte.

265. Se poi ſi debba far poggiare una tra-

ve

(1) Si legga il Signor di Buffon. Tom. III. Mem. XI. *Supplement a l' Hiſtoir Naturelle*, e la Tavola VII. inſerita nella fine di queſto Articolo.

ve ſu due ſoſtegni, ſenza che rimanga vincolata, e ſi debba gravare di peſo; ſi potrà ſempre, per le coſe dette determinare la ſua reſiſtenza, ſupponendo di farla reſiſtere coll' altezza maggiore, e farla poggiare colla baſe minore. In pratica intanto, convien determinare la ragione, che ſi deve tenere tra la larghezza, e l' altezza delle travi. Si ſa per eſperienza, che quando l' altezza è doppia della larghezza, la trave poggiando con queſta, e gravata di peſo, rieſce fleſſibile di fianco, ed adoprandoſi ne' ſolai, ondeggiano queſti ſotto a' piedi.

266. I pratici generalmente credono, che le travi reſiſtano ſenza alcun piegamento laterale, qualora il quadrato dell' altezza ſia doppio di quello della larghezza; vale a dire quando queſte dimenſioni ſieno ad un di preſſo nella ragione di 7 : 5., o di 10 : 7., ſecondo ha dimoſtrato anche M. Parent negli Atti dell' Accademia di Parigi. Altri pratici poi ſtabiliſcono la ragione di 3 : 2. Con queſte regole perciò conviene ridurre le travi cilindriche in parallelepipide. Quindi dovendo far una compera di travi ſquadrate, ſi hanno a ſfuggire quel-

quelle, che hanno le baſi eſtreme quadrate.

267. Se ſi abbia inoltre una trave immobilmente vincolata ſu due ſoſtegni, o conficcata ſia in materie infleſſibili, la ſua reſiſtenza ſi aumenterà di molto; poichè o non eſſendo molto lunga, ſi rende infleſſibile, e reſiſte a' peſi colla robuſtezza traſverſale; o rimanendo tuttavia fleſſibile, ſi deve rompere nel mezzo, e ne' due eſtremi raſantemente i ſoſtegni, ſiccome ſi rileva dall' eſperienze, e dal meccaniſmo che ſi eſercita, qualora un legno ſi rompe. Onde in queſto caſo reſiſterà una trave due terzi di più che non reſiſterebbe, ſe non foſſe vincolato negli eſtremi, purchè ſia di uguali dimenſioni in tutta la ſua lunghezza; ſebbene molti pratici aſſicurano che poſſa reſiſtere $\frac{3}{4}$ di più. Che perciò ſe le travi de'ſolai, s' incaſtrino fortemente nelle mura, potranno i ſolai reggere tre quarti di più del peſo, che reggono allorchè ſono coſtruiti con travi, che ſi fanno poggiare nelle mura col metodo ordinario.

268. Il Signor di Buffon dimoſtra, che la reſiſtenza, che ſi ſperimenta nelle travi conficcate nelle mura nel modo ordinario, differiſca

risca poco da quella, che le travi istesse manifestano, allorchè poggiano liberamente su due appoggi. Si prenda, dic' egli, una trave lunga piedi ventiquattro inserita co' suoi estremi in due mura secondo il metodo ordinario. Si carichi di peso, e si supponga, che per rompersi nel mezzo si pieghi per sei pollici, lo che sovente è più di quello, che è necessario. Gli estremi non si eleveranno che di mezzo pollice, e qualche volta di tre sole linee, poichè vengono piuttosto tirati fuori della muraglia, che sollevati; oltre di che la forza che li fa piegare è sempre maggiore della coerenza delle parti del muro. E' necessario quindi che le travi si vincolino altrimenti nelle mura, per rendere i solai più resistenti, e per non fare agire le travi medesime colla forza di leva contro le mura istesse.

269. Dall' esperienze dello stesso Sig. di Buffon, si è inoltre rilevato, che la resistenza de' legni si minora in ragione del tempo, in cui il peso agisce sul medesimo; onde ne segue che nella costruzione delle fabbriche, qualora si debbano adoprare i legni, si deve mettere a calcolo il tempo della loro durata. Nelle

fab-

fabbriche di molta durata, non ſi debbono le travi caricare più della metà di quel peſo che è atto a produrne lo ſpezzamento. Lo ſteſſo dir ſi deve de' ponti ſtabili. Negli altri poi che ſi coſtruiſcono per un paſſaggio di fiume in una data occaſione di guerra, ſi può il peſo eſtendere ai due terzi del peſo calcolato; e ſi può la reſiſtenza ſuddetta calcolare anche nella ſteſſa guiſa, allorchè ſervono i legnami per puntellare, e render reſiſtenti all' urto delle bombe quegli edifizj, che non lo ſono per coſtruzione.

270. Di più ſi è conoſciuto, che la reſiſtenza ne' legni augumenta in ragione del peſo; che le travi nelle parti nodoſe, ed in quelle, in cui trovanſi de' forami, diminuiſcono un quarto della loro reſiſtenza; che fecendo agire forze, o peſi ſu legni curvi artefatti, come s' impiegano nella coſtruzione de' vaſcelli, delle cupole ec.; reſiſtono più qualora i peſi agiſcono ſulle parti concave, che quando agiſcono ſulle conveſſe; e che l' oppoſto ſi ſperimenta, ſe la curvatura è naturale, vale a dire, ſe le fibre iſteſſe formino tal figura continuatamente.

271.

271. Finalmente avvertir ſi deve; I. che quantunque le travi ſi carichino di peſo in diverſi punti delle loro lunghezze, e l'eſperienze ſi ſieno fatte, facendo agire il peſo nel punto di mezzo; pure non arreca ciò alcun divario, ſe ſi ſappiano colle leggi meccaniche ridurre gli sforzi de' peſi diverſi ad un ſolo. II. Che ſe mai le travi non ſieno poſate orizzontalmente, ma obliquamente, biſogna tener conto, che quel peſo, che ha prodotto il piegamento, o lo ſpezzamento ſu una trave orizzontalmente poſta, non può produrre lo ſteſſo effetto, qualora la trave ſteſſa è poſta obliquamente, ſiccome è noto per le leggi meccaniche. Sia infatti per maggior chiarezza il peſo P, che faccia sforzo ſulla trave AB ſituata obliquamente. Si tiri pel punto G l'orizzontale G D, e ſulla direzione G P preſa come diagonale, ſi formi il parallelogrammo rettangolo EHFG. Per le coſe dette, l'effetto dello sforzo del peſo P ſi farà minore a miſura che l'angolo CGD ſi fa maggiore, poichè la reſiſtenza longitudinale relativa ſi va gradatamente approſſimando all'aſſoluta. Inoltre per le leggi di meccanica, ſe lo sforzo del Fig. 49.

peſo

peſo ſulla trave orizzontale, ſi eſprime per la diagonale G H, ſarà da eſprimerſi quello dello ſteſſo peſo ſulla trave obliqua, per G E. Vale a dire, che il primo ſarà al ſecondo, come il ſeno dell' angolo G E H al ſeno dell' angolo G H E, o ſia come il raggio al ſeno dell' angolo d' inclinazione, che forma la direzione del peſo ſulla trave.

Tavole delle Sperienze su la forza del legno.

TAVOLA I.

Per li pezzi di quattro pollici in quadro.

Lunghezza de' Pezzi.	Peso de' Pezzi.	Carico.	Tempo impiegato à caricare i Pezzi.	Curvatura de' pezzi nell' istante che cominciano a romperſi.
Piedi.	Libre.	Libre.	Or. Min.	Poll. Lin.
7	60	5350	0 29	3 6
	56	5275	0 22	4 6
8	68	4600	0 15	3 9
	63	4500	0 13	4 8
9	77	4100	0 14	4 10
	71	3950	0 12	5 6
10	84	3625	0 15	5 10
	82	3600	0 15	6 6
12	100	3050	0 0	7 0
	98	2925	0 0	7 0

TAVOLA II.

Per li pezzi di quattro pollici in quadro.

Lunghezza de' Pezzi.	Peso de' Pezzi.	Carico	Tempio del primo ſcoppio fino all' iſtante della rottura.		Curvatura prima di ſcoppiare.	
Piedi.	Libre.	Libre.	Ore	Min.	Poll.	Lin.
7	(94	11775	0	58	2	6
	(88½	11275	0	53	2	6
8	(104	9900	0	40	2	8
	(102	9675	0	39	2	11
9	(118	8400	0	28	3	0
	(116	8325	0	28	3	3
	(115	8200	0	26	3	6
10	(132	7225	0	21	3	2
	(130	7050	0	20	3	6
	(128½	7100	0	18	4	0
12	(156	6050	0	30	5	6
	(154	6100	0	0	5	9
14	(178	5400	0	1	8	0
	(176	5200	0	18	8	3
16	(209	4425	0	17	8	1
	(205	4275	0	15	8	2
18	(232	3750	0	11	8	0
	(231	3650	0	10	8	2
20	(263	3275	0	10	8	10
	(259	3175	0	8	10	0
22	(281	2975	0	48	11	3
24	(310	2200	0	16	11	0
	(307	2125	0	15	13	6
26	....	....	....		....	
28	(364	1800	0	17	18	..
	(360	1750	0	17	12	..

TA-

TAVOLA III.

Per li pezzi di ſei pollici in quadro.

Lunghezza de' Pezzi.	Peſo de' Pezzi.	Carico.	Tempo del primo ſcoppio ſino all' iſtante della rottura.		Curvatura prima di ſcoppiare.	
Piedi.	Libre.	Libre.	Or.	Min	Poll.	Lin.
7	(128	19250	1	49		
	(126½	18650	1	38		
8	(149	15700	1	12	2	4
	(146	15350	1	10	2	5
9	(166	13450	0	56	2	6
	(164½	12850	0	51	2	10
10	(188	11475	0	46	3	0
	(186	11025	0	44	3	6
12	(224	9200	0	31	4	0
	(221	9000	0	32	4	1
14	(255	7450	0	25	4	6
	(254	7500	0	22	4	2
16	(294	6250	0	20	5	6
	(293	6475	0	19	5	10
18	(334	5625	0	16	7	5
	(331	5500	0	14	8	6
20	(377	5025	0	12	9	6
	(375	4875	0	11	8	10

TAVOLA IV.

Per li pezzi di ſette pollici in quadro.

Lunghezza de Pezzi.	Peſo de' Pezzi.	Carico.	Tempo del primo ſcoppio ſino all' iſtante della rottura.	Curvatura prima di ſcoppiare.
Piedi.	Libre.	Libre.	Or. Min.	Poll. Lin.
7	0	0	0 0	0 0
8	(204	26150	2 6	2 9
	(201½	25950	2 13	2 6
9	(227	22800	1 40	3 1
	(225	21900	1 37	2 11
10	(254	19650	1 13	2 7
	(252	19300	1 16	3 0
12	(302	16800	1 3	2 11
	(301	15550	1 0	3 4
14	(351	13600	0 55	4 2
	(	12850	0 48	3 9
16	(406	11100	0 41	4 10
	(403	10900	0 36	5 3
18	(454	9450	0 27	5 6
	(454	9400	0 22	5 10
20	(505	8550	0 15	7 10
	(500	8000	0 13	8 6

TA-

TAVOLA V.

Per li pezzi di otto pollici in quadro.

Lunghezza de' Pezzi.	Peso de' Pezzi.	Carico.	Tempo dal primo ſcoppio ſino all' iſtante della rottura.	Curvatura prima di ſcoppiare.
Piedi.	Libre.	Libre.	Or. Min.	Poll. Lin.
10	331	27800	2 50	3 0
	331	27700	2 58	2 3
12	397	23900	1 30	3 0
	395½	23000	1 23	2 11
14	461	20050	1 6	3 10
	459	19500	1 2	3 2
16	528	16800	0 47	5 2
	524	15950	0 50	3 9
18	594	13500	0 32	4 6
	593	12900	0 30	4 1
20	664	11775	0 24	6 6
	660½	12200	0 28	6 0

TAVOLA VI.

Per lo carico medio di tutte le rotture.

Lunghezza de' Pezzi.	GROSSEZZE.				
	4. Pollici	5. Poll.	6. Poll.	7. Poll.	8. Poll.
Piedi	Libre	Libre	Libre	Libre	Libre
7	5312	11525	18950		
8	4550	9787½	15525	26050	
9	4025	3308½	13150	22350	
10	3612	7125	11250	19475	27750
12	2987½	6075	9100	16175	23450
14		5300	7475	13225	19775
16		4350	6362½	11000	16375
18		3700	5562½	9245	13200
20		3225	4950	8375	11487½
22		2975			
24		2162½			
28		1775			

TA-

TAVOLA VII.

Comparazione della reſiſtenza de' legnami trovata nelle ſperienze precedenti, con quella che deduceſi dalla regola, che ſtabiliſce, che una tal reſiſtenza è come la larghezza del pezzo moltiplicata per lo quadrato dell' altezza, ſuppoſta la medeſima lunghezza.

Lunghezza de' Pezzi.	GROSSEZZE				
	4. Poll.	5. Poll.	6. Poll.	7. Poll.	8. Pollici.
Piedi	Libre.	Libre.	Libre.	Libre.	Libre.
7	(5312	(	(18950	32200	48100
	(	(11525	(		47645 1/3
	(5901	(	(19915 2/3	31624 3/5	47198
8	(4550	(	(15525	26050	39750
	(5011 1/2	(9787	(16912 4/5	26856 9/10	40089 3/5
9	(4025	(	(13150	22350	32800
	(4353 1/2 3/5	(8308 1/3	(14356 4/5	22798 1/3	34031
10	(3612	(	(11250,	19475	27750
	(3648	(7125	(12312	19551	29184
12	(2987 1/2	(	(9100	16475	23450
	(3110 2/3	(6075	(10497 3/5	16669 4/5	24883 1/5
14	5100		(7475	13225	19775
			(8812 4/5	13995 1/5	20889 3/5
16	4350		(6362 3/4	11000	16375
			(9516 4/5	11936 2/5	17817 3/5
18	3700		(5562 1/2	9425	13200
			(6393 3/5	10152 4/5	15155 1/5
20	3225		(4950	8275	11487 1/2
			(5172 4/5	8849 2/5	12200 3/5

ARTICOLO III.

Si diviſano le più generali, e più neceſſarie combinazioni de' legnami.

272. NEll' uſo che ſi fa de' legnami, è neceſſario ſpeſſo di combinarne inſieme due o più, per reſiſtere ad un dato peſo, o ad una data forza. Se la combinazione è di due, ſi dice ſemplice; ſe è di molti, diceſi compoſta. L' arte di combinare i legnami dedur ſi deve da ciò che ſi è detto ſulla reſiſtenza de' medeſimi, e dalle leggi meccaniche. Quindi le principali regole dell' arte medeſima ridur ſi poſſono alle ſeguenti. I. Si deve dare a' legnami diſpoſizion tale, che oppongano eſſi, ſempre che ſia poſſibile, la reſiſtenza derivante dalla robuſtezza longitudinale, o traſverſale. In mancanza di queſta, proccurar ſi deve, che oppongano la reſiſtenza longitudinale aſſoluta, ed indi la relativa. Ed in ultimo luogo ſi faccia uſo della tenacità traſverſale aſſoluta, ed infine della relativa. II. Si debbono ſcegliere le combinazioni più ſemplici ſoprattutto in iſtabilire i punti di appoggio, e di contraſto; proccuran-

rando che queſti ſieno ne' ſiti più vantaggioſi per augumentare la reſiſtenza, e renderla inſuperabile dalle potenze agenti.

273. Sarà quindi una combinazione di legnami perfetta, ſe i medeſimi oppongano naturalmente la maſſima reſiſtenza, e ſe venga queſta augumentata da' mezzi, che ſomminiſtrano le leggi meccaniche. Si debbono intanto, ſecondo le circoſtanze diverſe unire inſieme due o più legnami; I. Con metterli ſemplicemente in contraſto, ſenza che ſieno meſſi inſieme, incaſtrati, congegnati, e commeſſi, e ſenza che ſieno ficcati gli uni negli altri. II. Con far uſo d' incaſtri, incavi, e commettiture: III. Con impiegare cavicchie, chiodi, corde, e faſce di ferro. IV. Con praticare più delle additate maniere inſieme.

274. Or per conoſcere, qual debba eſſere la ſpecie della combinazione, di cui ne' diverſi caſi ſi debba far uſo, ſi deve badare a determinare la forza effettiva della preſſione non meno, che la direzione, colla quale può la medeſima agire contro la combinazione. Infatti, ſemprecchè i legni ſi poſſano combinare inſieme in guiſa, che eſercitando la preſſione

la

la ſua forza per uno o più legni, le direzioni della ſteſſa ſieno perpendicolari alle ſuperficie di altri legni, che ſervono di contraſto, e di punti di appoggio, non è neceſſità far uſo d' incavi, intagli, ed incaſtri. Per eſempio ſia il legno X immobile, e ſulla ſua ſuperficie MN vi poggi perpendicolarmente l'altro S, il quale ſervir debba di oſtacolo, acciocchè il corpo P non ſcenda pel piano inclinato QN perpendicolare ad MN. In queſta ipoteſi non occorre praticare nè incavo, nè incaſtro alcuno, poichè la combinazione regge da ſe ſteſſa, anzi ſi rende più reſiſtente a miſura, che il peſo P ſi fa maggiore. Quando poi convenga ricorrere a qualche artifizio, acciocchè il legno S ſia perpendicolare ad MN, ſi dovrà far uſo d' incavi e d' incaſtri, affinchè commeſſi, e ficcati i legni gli uni negli altri, poſſano fortemente contraſtarſi, e poſſa quindi riſultarne una combinazione ſalda, ed atta a reſiſtere alla preſſione.

Fig. 50.

275. Gl' incaſtri intanto, e gl' incavi, de' quali convien far uſo, variano ſecondo che le preſſioni ſono diverſe; ſecondo che diverſamente agiſcono; e ſecondo che le medeſime ſi eſer-

eſercitano pe' medeſimi piani, o per piani diverſi. Sia S il legno che reſiſter debba ad una Fig. 51.
preſſione, che agiſca ſecondo la direzione O *e*, e ſia X il legno, che faccia al primo contraſto, ed appoggio, ancorchè vi ſieno altre preſſioni, che agiſcano contro S, ma che ſi eſercitino ſecondo le direzioni P *d*, Q *d* compreſe nel quadrante PQR, e che tutte ſi diriggano verſo *d*; baſterà fare nel legno ſottopoſto X l' incavo f *e d* rettangolo in *e*. Queſto incavo deve attraverſare tutta la groſſezza del legno X, ed eſſer deve profondo in modo, che non riceva mai meno della metà della baſe del legno S. Se ſi eſamini sì fatta combinazione, ſi rileva, che tutte le deſcritte preſſioni trovano nel legno X una gran reſiſtenza; giacchè queſto reſiſte colla tenacità aſſoluta traſverſale alle preſſioni P *d*, O *e*, e colla robuſtezza traſverſale, alla preſſione Q *d*, ch'è perpendicolare alla lunghezza delle fibre, le quali tutte inſieme poi ritengono l' altro legno S fermo nella poſizione, che ſi vuole.

276. Se poi le direzioni delle preſſioni ſiano nello ſteſſo piano, ma vengano compreſe nel ſemicerchio P Q R, e tendano ad agire Fig. 52.

con-

contro il legno S dalla circonferenza verſo il centro; ſi farà l' incavo *a b c d*; e quando il legno *S* è groſſo a ſufficienza, ſi ridurrà un ſuo eſtremo alla figura *m n o p*, che diceſi a coda di rondine, e s' inſerirà in un incavo proporzionato, che ſi farà nel legno X. In queſto caſo il legno ſottopoſto X reſiſte ſempre alla preſſione, che ſi eſercita per la direzione Q *a* colla robuſtezza traſverſale; all' altre che ſi eſercitano da P verſo *a*, e da R verſo *d*, colla reſiſtenza aſſoluta traſverſale; e con una reſiſtenza maggiore reſiſte poi a tutte le altre preſſioni, che eſercitar ſi poſſono procedendo dalla circonferenza al centro (n.248. a 258.).

277. Ritrovandoſi inoltre le direzioni delle preſſioni in piani diverſi, ſi formerà nella groſ-
Fig. 53. ſezza del legno X un incavo capace a ricevere l'eſtremo del legno S, ſenza che rimanga debilitato lateralmente. Per tal' effetto non ſi fa *a b* mai maggiore della metà, nè minore
Fig. 54. di un terzo della groſſezza del legno X. Qualora il legno S ſia molto groſſo, ſi diminuirà nell' eſtremo, che ſi deve ficcare nell' altro X; e facendo uſo di figure parallelepipedi come in

M ed N, s' incaſtrino queſte eſattamente ne' loro proporzionati incavi. Efficaciſſima è la reſiſtenza, che oppone il legno X contro le preſſioni che per mezzo del legno S vi poſſono agire, e che, eſſendo compreſe in un emisfero, tendano dalla ſuperficie al centro, poichè o reſiſte colla robuſtezza traſverſale, o colla reſiſtenza traſverſale aſſoluta.

278. Si noti, che le additate combinazioni poſſono impiegarſi anche ne' legni, che ſon poſti inſieme obliquamente, e ne' quali una ſola preſſione agiſca in una direzione diverſa del legno S, e venga la commeſſura gravata dal peſo M, come ſi oſſerva nella figura XS, nella quale, creſcendo il peſo, rieſce la combinazione più ſalda. Fig. 55.

279. Molte altre maniere ſi praticano per formare gl' incavi, e gl' incaſtri da congegnare inſieme i legnami, che non molto differiſcono dalle additate, ſiccome ſi rileva dalle figure. Fig. 56. 57. 58.
Vi ſono inoltre le commettiture dette a croce, ſiccome ſi oſſerva ne' legni ſeparati MN, PQ, Fig. 59.
e che uniti poi formano la croce P M Q N.
L' incavo in ciaſcuno de' legni ſi fa profondo

la

la metà ad un di preſſo della loro groſſezza. Una sì fatta combinazione oppone nel ſito della commeſſura una forte reſiſtenza, poichè o è quella della robuſtezza, o quella della traſverſale aſſoluta.

280. Tutte le combinazioni fin quì enumerate ſuſſiſtono, e reggono ſenza chiodi, e ſenza altro vincolo, quando le forze tendono verſo quella parte del legno, che reſiſte immobilmente, e che rendono le combinazioni iſteſſe più ſalde. Se poi le forze agiſcano diverſamente, ed in modo che ſieno contrarie alle direzioni, ſecondo le quali debbonſi le combinazioni eſeguire; ſi deve allora far uſo di cavicchie, e di chiodi, che paſſino da un eſtremo all' altro della commettitura, e che vi ſieno ritenute con madrivite, e con altri chiodi traverſalmente poſti, purchè non ſi voglia far uſo di corde, o di legami di ferro, ſecondo che le circoſtanze chieggano.

281. Volendo augumentare la lunghezza de' legni con aggiungervene altri, ſi può la conneſſione eſeguire in diverſe maniere, poichè ſi deve regolare e dagli uſi, pe' quali debbono i

le-

legni uniti ſervire , e dalla groſſezza de' medeſimi. Dovendo i legni sì fattamente allungati ſervire per puntelli, ſi può far uſo delle combinazioni AB , BC , CD , DE , EF , FM, Fig. 60. nelle quali gl' intagli ſono o ad angoli retti; o in una direzione ficcante ; o a forbice ; o con uno o più riſalti, o pure altrimente. Le deſcritte combinazioni reggono ſenza altro artifizio , ſe le preſſioni agiſcano verticalmente da alto in baſſo, ed i legni ſervano per puntelli verticali , e ſieno ſenſibilmente infleſſibili. Se poi i legni ſieno fleſſibili , o qualche forza vi agiſca traverſalmente con qualunque angolo , ſi debbono nel luogo della conneſſione, impiegare cavicchie , chiodi, corde , laſtre, e braghe di ferro , per rendere la combinazione reſiſtente.

282. Allorchè poi i legni o non poſſono ſoſtenere gl' intagli a cagione della loro tenue groſſezza , o che non ſi vogliano intagliare per farne in appreſſo altro uſo; ſi allungano , con fare appoggiare i legni ſuperiormente poſti ſu di altri pezzi di legno ben inchiodati a' ſottopoſti, colligandoli a queſti con chiodi, corde , o altri qualſivogliano legami atti a rendere

dere la combinazione reſiſtente all' uſo, pel quale deve ſervire.

283. Inoltre qualora i legni da congiungerſi, non debbano reſiſtere come puntelli, s' intagliano a riſalti, tanto ſe debbano formare una trave continuata, quanto ſe debbano formar angoli. Quantunque per mezzo di sì fatti incaſtri ſi poſſano connettere ſenza alcuno artifizio ſe ſieno immobilmente contraſtati, come
Fig. 61. ſi oſſerva in A B, in B C, ed in C D; pure ſe ne' ſiti dell' unioni H, M, N, ed O, ſi uſino de' pezzi di legno che coprano le unioni ſuddette, e che ſieno con cavicchie, madreviti, o legami di ferro conneſſi a' legni che ſi uniſcono, la combinazione ſi renderà vie più ſtabile. Di più ſe nel ſito ſteſſo dell' unione
Fig. 62. come per eſempio in H ſi faccia uſo di una chiavarda O H di ferro, o fatta a vite come F, o attraverſata dalla ſua chiavetta come R, che colleghi la trave ſottopoſta P Q colle due, che ſu di eſſa ſi contraſtano, ſi renderà più reſiſtente la combinazione. In fatti è queſta utiliſſima, per ſcaricar di peſo la trave ſottopoſta, e per accreſcere la reſiſtenza delle altre due, le quali venendo immobilmente contraſtate,

ſtate, oppongono nel contraſto una grandiſſima reſiſtenza (*a*).

284. Finalmente quando i legni conneſſi non ſieno immobilmente contraſtati, e che non oppongano la robuſtezza loro, e che ſi tema, che la reſiſtenza longitudinale, o traſverſale poſſa andare a cedere; ſi rinforzeranno le conneſſioni a riſalto tanto ſe ſieno perpendicolari che ficcanti, con cavicchie, con chiodi, con chiavarde, con pezzi di legno inchiodati, con faſce di ferro, e con altri conſimili mezzi; ſoprattutto ſe i legni uniti debbano co' loro eſtremi poggiare ſu di ſoſtegni, e debbano eſſer caricati di peſo nel mezzo; come addiviene nella coſtruzione de' ponti, ed in altri caſi ſimili. Si poſſono per maggior chiarezza oſſervare le figure AB, BC CD. Fig. 63. 64. 65.

(a) Si legga la Memoria del Sig. de Morveau letta nell' Accademia di *Dion* ſul metodo di rinforzare le travi e di aſſicurare la ſolidità delle ſoffitte, che va inſerita nel II. Tom. Degli Opuſcoli intereſſanti tradotti da varie lingue. Ediz. Tur.

ARTICOLO IV.

Della combinazione de' legnami nella coſtruzione de' tettoi; come altresì della maniera d' impiegare, e di combinare i legni, per rendere le volte, ed i ſolai degli edifizj militari atti a reſiſtere in tempo di aſſedio all'urto delle bombe.

285. SI dice *tettoio*, il coperto di un edifizio compoſto di più legni tra ſe congegnati, e ricoperti di embrici, e di tegole, che il preſervano dall' ingiurie delle ſtagioni. I tettoi variano nella loro coſtruzione, e per la natura degli edifizj, e a cagione del clima, ove ſono coſtruiti. Generalmente parlando eſſer debbono nè troppo elevati, nè troppo baſſi. Gli Architetti li formano elevati, ed acuti ne' climi freddi per l' abbondanza delle nevi: regolarmente ſollevati ne' climi temperati per dar giuſto ſcolo alle acque, che vi cadono abbondantemente: e più baſſi ne' climi caldi, poichè non vi ſono nè nevi, nè acque in abbondanza.

286. Le proporzioni, che nelle ſuddiviſate

tre

tre ſpecie di tettoi, ſi oſſervano, e che ſecondo l' eſperienze corriſpondono a' riſpettivi fini, ſono le ſeguenti. Per gli acuti, de' quali ſi fa uſo ne' climi freddi ſi oſſerva la forma de' triangoli equilateri, la quale è la più bella fra le altre di queſto genere. Ne' climi poi temperati, la forma de' tettoi è quella di un triangolo rettangolo al vertice. Ne' climi caldi finalmente, la forma è quella di un triangolo ottuſangolo al vertice. Quindi pel primo caſo, ſe ſopra la larghezza ſuperiore dell' edifizio ſi deſcriva un triangolo equilatero, ſi ha la figura del tettoio. Si avrà poi nel ſecondo caſo, ſe ſi divida per metà la data larghezza, e ſi elevi dal punto di diviſione una perpendicolare uguale alla metà della larghezza iſteſſa, e ſi congiungano gli eſtremi di queſta coll'eſtremo della perpendicolare. Nel terzo caſo ſi farà uſo della ſeguente coſtruzione. Si divida la larghezza per metà; ſi elevi dal punto di diviſione una perpendicolare, la quale dalla parte ſuperiore ſi prolunghi indefinitamente, e dall' inferiore per la metà dell' accennata larghezza. Si faccia centro l' eſtremo inferiore di queſta perpendicolare, e con un intervallo uguale alla

diſtanza di tale eſtremo da uno degli eſtremi della larghezza, ſi deſcriva una linea circolare che interſeghi la ſteſſa perpendicolare nella parte ſuperiore. Si tirino dal punto d' interſezione agli eſtremi della larghezza due rette, e ſi avrà la figura del tettoio richieſta pe' climi caldi.

287. In tutte e tre le diviſate forme di tettoi, ſe ſe ne conſidera il profilo verticale ſecondo la larghezza degli edifizj, viene il medeſimo a dare un triangolo iſoſcele, la cui baſe è la larghezza del tettoio. Or ſe le tra-
Fig. 66. vi AM, AN che formano i lati del triangolo iſoſcele poggino co' due eſtremi A ſul muro intermedio O, e cogli altri ſu' muri laterali P, e Q; una parte del peſo del tetto tenderà a roveſciare le mura eſteriori verſo l'interno dell' edifizio, anche con forza di leva.

288. Per andar incontro a sì fatti diſvantaggi, ſi formano i tettoi, facendo uſo di cavalletti, per far sì, che l' azione del peſo ſi eſerciti verticalmente ſulle mura. La figura
Fig. 67. O M P rappreſenta un cavalletto, il quale è formato dalla trave OP, che diceſi *ſomiere*, e che poggia orizzontalmente ſulle mura R, e

Q, e

Q, e dalle due inclinate O *s*, P *s*, le quali ſono conneſſe al primo con incaſtri corriſpondenti ſulle mura, e che diconſi *dorſali*. Queſte due travi poi O *s*, P *s* s' incaſtrano cogli eſtremi *s s* ad un altro pezzo di trave M N della forma, che nella figura ſi ravviſa. Queſto è ſituato a piombo, e fa l' ufficio di un cuneo, o di una chiavarda. Si avverta che gl' incaſtri, per mezzo de' quali ſi combinano i legni, che formano un cavalletto, ſi poſſono fare a riſalti ſemplici, ed a doppj riſalti; e proccurar ſi deve, che i legni ſieno immobilmente contraſtati, affinchè la combinazione rieſca più ſalda.

289. La deſcritta combinazione de' cavalletti può reggere ſenz' altro artifizio, e ſi rende più reſiſtente, allorchè il legno M N, che fa l'officio di cuneo, e gravato verticalmente di peſo, ed i dorſali O *s*, P *s* lo ſieno obliquamente, e vengano immobilmente contraſtati in O ed in P. Or il legno M N reſiſte colla ſua robuſtezza traſverſale; i dorſali reſiſtono colla reſiſtenza longitudinale relativa; e 'l ſomiere coll' aſſoluta longitudinale, e traſverſale. Qualora ſi tema, che il ſomiere poſſa piegarſi, e

qualora ſi voglia render più ſtabile il cavalletto, ſi collega il legno M N al ſomiere col mezzo di una ſtanga di reſiſtente legno ben inchiodata, o con una ſpranga di ferro, che inviluppi l' intero ſomiere, e che ſia ben conneſſa, e collegata al cuneo MN; avendoſi a queſto modo i vantaggi della combinazione additata (n. 283. e 284.).

290. I diviſati cavalletti ſi ſituano a date diſtanze compreſe tra' limiti di 10. in 15. piedi; e quando ſi può, ſi fanno poggiare ſu' muri diviſorj degli edifizj. Dopo che ſiano coſtruiti i cavalletti, ſi ſituano per traverſo ſu' dorſali, altri legni, che diconſi *paradoſſi*, fiſſandoveli con chiodi. Su' paradoſſi poi s' inchiodano de' liſtelli nella direzione de' dorſali. Finalmente su di una sì fatta armadura ſi collocano le tegole, gli embrici, o le piccole tavolette inverniciate in modo, che non ſi dia adito all' acqua, ancorchè venga ſpinta dal vento.

291. Un ſolo cavalletto adunque ſoſtiene il peſo del tettoio, che è compreſo tra due cavalletti. Che perciò ſiccome ſi può determinare la groſſezza de' paradoſſi, avendo riguardo

do al peſo che hanno a ſoſtenere, ed alla loro lunghezza, così ſi può anche determinare la groſſezza de' dorſali, e quella de' ſomieri, facendo uſo delle conoſcenze diviſate negli Articoli antecedenti di queſto Capitolo. Qualora poi non ſi poſſano avere i dorſali della giuſta groſſezza, e che ſi tema, che poſſano piegarſi, ſi praticano de' puntelli, come ſi oſſervano nella figura BAC. Sì fatti puntelli s' impie- Fig. 68.
gano per mezzo d' incaſtri, in modo che gli angoli B *e r*, C *e r* ſieno retti. Qualora non ſi poteſſe dar loro queſta poſizione, a cagione che le parti B *e*, C *e* de' dorſali reſtano molto lunghe, e perciò facili a piegarſi; non volendoſi, o non potendoſi far uſo di altri puntelli, ſi faranno gli angoli B *e r*, C *e r* ottuſi ſino a 120. gradi, ed allora gl'incaſtri ſi avvicineranno più verſo B, e C.

292. Inoltre, ſe i dorſali ſieno molto lunghi, ſi può far uſo di un ſecondo ſomiere, ed a' primi dorſali vi ſi poſſono collegare dalla parte di ſotto altri più ſottili, e ſi può far uſo di due altri cunei, o ſieno chiavarde, come chiaramente rilevaſi dalla figura BAC. Or Fig. 69.
potendo queſt' artifizio aver luogo ne' grandi

cavalletti, è d' avvertirſi, che il ſomiere non ſempre può eſſere di un ſol pezzo. Quando ciò addivenga ſi può far uſo in congiungere i pezzi medeſimi della combinazione a riſalti, e collegarli con madreviti, faſce di ferro, ed in ogni altro miglior modo, per aſſicurarne la reſiſtenza, come ſi oſſerva in M. Le additate armadure de' tettoi ſono ſufficienti per le fabbriche militari. Volendone altre più compli-
Fig. 70. e 71. cate, ſi poſſono ravviſare nelle figure ABC, DEF.

293. Venendo da' più intelligenti Architetti molto lodata l' armadura de' tettoi detta alla *Manſarde* (1), ſi è creduto utile di quì rapportarla, ſecondo la deſcrive il Sig. Belidoro. Si deſcriva ſulla larghezza ſuperiore dell' edifizio preſa nell' interno delle mura, un ſemicerchio. S' inſcriva in queſto un mezzo deca-
Fig. 72. gono, e ſi tirino indi le rette C A, E B, e le altre C D, E D, e rappreſenterà ACDEB un cavalletto di un tetto alla Manſarde. E' utile

(1) L' Ingegnere Manſarde dedùſſe la ſuddiviſata forma de' tettoi da un modello di Antonio Sangallo, che il celebre Michelangelo miſe in opera nella coſtruzione della Cupola di S. Pietro in Roma.

utile per coprire quegli edifizj, che non ſono molto elevati, dando il comodo di poterſi agiatamente abitare le ſoffitte (1).

294. Per compimento di queſt'Articolo, rimane a dire de' mezzi che ſi poſſono mettere in pratica per rendere reſiſtenti all' urto delle bombe i ſolai, e le volte degli edifizj, qualora non ſi trovino coſtruite nel modo additato (n. 104. a 116.). Sì fatti mezzi ſi riducono ad augumentare la reſiſtenza de' ſolai, e delle volte per mezzo di legni impiegati come puntelli, ed in contraſto; e con porre ſu de' ſolai e ſulle volte sì fattamente rinforzate, materie molli, e terre in quantità tale, che non poſſano le bombe cadendo, pervenire ſino al ſolajo, o alla volta, affinchè l' urto ſi ammortiſca, e divenga una ſemplice preſſione nella guiſa che fu detto (n. 210.). Or acciocchè i ſoſtegni, ed i puntelli ſi ſappiano ben diſporre per l'accennato effetto, ſi hanno a diſtinguere due caſi. I. Allorchè i puntelli ſi ab-

(1) Sulla coſtruzione de' tetti ſono da leggerſi le Memorie dell' Accademia di Parigi del 1731.

ſi abbiano ad impiegare per rendere reſiſtenti all' urto delle bombe i ſemplici ſolai. II. Se debbano ſervire per ſoſtenere le volte, e renderle atte all' uſo iſteſſo.

295. Quanto al primo caſo è da notarſi, che ſe una trave poggia su due ſoſtegni, ſi rende più debole nel mezzo; quindi per accreſcere in queſta parte la ſua reſiſtenza, vi ſi deve adattare un reſiſtente pezzo di legname, che venga ſoſtenuto da un ſodo puntello, che ſia invincibilmente contraſtato. Se poi tra i punti intermedj al detto pezzo di legname, ed agli eſtremi della trave ſi applichino nella ſteſſa guiſa due altri puntelli, ſi accreſcerà ſempre più della trave iſteſſa la reſiſtenza. Quindi ſe ſi pratichino gli ſteſſi mezzi per tutte le travi che compongono un dato ſolajo, e ſi aſſicurino gli ſpazj intermedj con altri legni traſverſali e più reſiſtenti di quelli, che ſi ſogliono impiegare per ſoſtenere i pavimenti, ſi renderà l' intero ſolajo molto reſiſtente.

296. Quanto al ſecondo caſo; ſi ſa, che eſſendo una volta debole, ſi può per l' urto delle bombe fendere, e rompere nella cima, e verſo i due terzi di ciaſcuna metà di arco com-

compreſo tra l' impoſta, e la cima iſteſſa (n. 176.). In detti ſiti adunque applicar ſi debbono de' pezzi di legname di ſufficiente grandezza, e che vengano ſoſtenuti da puntelli non fleſſibili, e ben contraſtati. In sì fatti lavori inoltre ſi deve avere ſempre in mira di avvicinare tra ſe i punti di appoggio, e di contraſto, poichè fu dimoſtrato (n. 116.) che quanto maggiore è il vano della volta, tanto minore è la ſua reſiſtenza, quando ſia coſtruita della ſteſſa figura, e cogli ſteſſi materiali.

297. Se i puntelli, ed i ſoſtegni additati poteſſero poggiare ſu' ſuoli delle camere, ne ſarebbe ben facile la diſpoſizione; ma ſiccome in sì fatta guiſa reſterebbero le camere imbarazzate, e non potrebbero quindi ſervire per magazzini di munizioni, per alloggiamenti della truppa, e per altri ſimili uſi; quindi conviene ſpecificare alquanto i caſi che dar ſi poſſono in pratica riguardo a' puntelli medeſimi; diviſando quelli, ne' quali ſia aſſolutamente neceſſario, che poggino ſul ſuolo. Si avverta che quanto quì appreſſo ſi dice riguardo alle volte a botte, s' intende per tutte le altre, e potrà anche aver luogo in un certo

mo-

modo pe' ſolaj, ſe ſi ponga mente a quel ch'è ſtato detto (n. 294.).

298. La debolezza di una volta può derivare e dalla poca groſſezza dalle mura che la ſoſtengono, e dalla poca groſſezza della volta medeſima, qualora ſi ſupponga che le une, e l'altre ſieno coſtruite con arte, e con buoni materiali. Le mura intanto che ſoſtengono le volte ſi poſſono diſtinguere in molto reſiſtenti; in reſiſtenti a ſufficienza, ed in reſiſtenti di poco. Le volte poi conſiderar ſi poſſono o alquanto mancanti della groſſezza ſtabilita (n. 209.), o mancanti di molto della groſſezza medeſima.

299. Si ſupponga in primo luogo, che la volta poco manchi da quella groſſezza, che fu determinata (n. 115.), e che le mura ſieno intanto molto reſiſtenti. Per renderla reſiſtente all'urto delle bombe, ſi porrà ſotto la chia-
Fig. 73. ve, o ſia cima, un pezzo di legno M della groſſezza di ſei in otto once, e di una ſuperficie mediocre, che vi ſia immobilmente ſoſtenuta da' puntelli P, P, che ſiano ben incaſtrati, e contraſtati nelle mura. Se ſi poſſa temere, che i puntelli medeſimi ſieno per piegare,

gare, si farà uso de' due puntelli *r*, *r*, che li contrastino nel mezzo. Il suddetto artifizio sarà sufficiente, poichè essendo le mura molto resistenti, e la volta non molto mancante dalla giusta grossezza, non si può dar luogo alle fenditure, o rotture laterali, e per andar incontro a quella della cima, possono i puntelli immobilmente contrastarsi nelle mura medesime, e la camera non resta imbarazzata.

300. Se poi sieno le mura molto resistenti; ma la volta manchi di molto dalla sua necessaria grossezza; si applicheranno due altri puntelli *n*, *n*, che sostengano il pezzo di legno M, sotto la chiave, e che poggeranno sulla trave orizzontale O; la quale venendo sostenuta da' puntelli *p*, *p*, contrasterà altresì i due pezzi di legno, che si porranno verso i due terzi degli archi AX, AX compresi tra le imposte, e la cima. In sì fatta guisa la volta resterà rinforzata nelle parti più deboli: l' intera pressione che sarà per ricevere vien sostenuta dalle mura; e la camera non rimane imbarazzata. Fig. 74.

301. Si supponga ora, che le mura sieno resistenti a sufficienza; si deve far sostenere alle medesime lo sforzo, e l' urto delle bombe

be, mutando la direzione de' puntelli, e l'armadura in guisa, che l' azione delle potenze agenti sieno dirette a perpendicolo sulle mura, acciocchè non vi possano far sforzo col vantaggio di leva. Tutto ciò si può conseguire con situare tra le due mura, che sostengono la volta, immobilmente una trave, che vi poggi orizzontalmente, e che su questa poi poggino i puntelli di contrasto, come si può rilevare dalle figure ABC, DEF. Nella combinazione infatti di queste figure, tutto lo sforzo vien sostenuto dalle mura, in una direzione però a piombo. Si avverta, che se mai, malgrado sì fatte vantaggiose combinazioni, si possa dubitare della resistenza delle mura, si potrà la trave O far sostenere altresì dalla trave P impiegata come puntello, con minorare in tal guisa lo sforzo, che interamente si eserciterebbe sulle mura.

Fig. 75. e 76.

302. Finalmente qualora le mura sieno deboli, converrà ridurre tutti gli sforzi delle potenze agenti su' puntelli, che poggino sul suolo della camera, con far uso di un maggiore, o di un minor numero di puntelli principali, e di altri di contrasto, secondocchè la volta man-

manchi più o meno dalla ſua giuſta groſſezza, e ſecondocchè il ſuo vano è altresì maggiore o minore. In qualunque combinazione intanto, ſi deve aver ſomma cura, che i pezzi di legno combacino bene colle ſuperficie della volta, e de' puntelli, e che queſti cogli altri eſtremi combacino anche perfettamente co' corpi, su' quali hanno a poggiare, potendoſi a queſto oggetto impiegare altri pezzi di legno, che ſervano loro di zoccoli.

303. Facendo uſo de' principj, e delle combinazioni di ſopra additate, ſi poſſono coſtruire delle armadure per ſoſtentare gli archi, allorchè ſia neceſſario rifabbricare i pilaſtri, su' quali poggiano. In sì fatti rincontri però, i puntelli debbon eſſere molto reſiſtenti, ed inflеſſibili, ed i legni di contraſto eſſer debbono ben incaſtrati, vincolati, e congegnati, mettendo in pratica quelle combinazioni, che più poſſono convenire a' caſi particolari, avendo ſempre in mira a quanto ſi è detto ne' diverſi Articoli di queſto Capitolo ſulla reſiſtenza, e ſulla combinazione de' legnami. Non altrimenti ſi deve altresì procedere in coſtruire le centine, che ſi formano per fabbricarvi

ſo-

ſopra gli archi, e le volte, tuttochè a norma della figura, e della eſtenſione di eſſe debba uſarſi una combinazione più o meno complicata.

ARTICOLO V.

Della combinazione de' legnami nella coſtruzione de' ponti.

304. NEll' Articolo I. del Cap. II. di queſto Libro ſi additarono poche coſe ſu' ponti neceſſarj in una Piazza di guerra, per comunicare dall' interno della medeſima nelle opere acceſſorie eſteriori, e nella campagna. Or ſiccome avviene ſovente di dover comunicare dalla Piazza iſteſſa in alcune opere, le quali ne ſono ſeparate da qualche fiume; così ſi è creduto neceſſario di far quì parola di que' ponti, che ſi coſtruiſcono ne' fiumi, e che ſono formati o interamente, o in parte di legname, con dare le regole più eſſenziali della loro coſtruzione, tanto più che per le coſe dette negli altri Articoli di queſto Cap., ſe ne rende facile l' intelligenza. Or quantunque non ſi venga a diviſare preciſamente sì

fatte

fatte coſtruzioni per non rendere queſti Elementi troppo lunghi; pure ſi rapportano alcuni diſegni di ponti, che ſono ſtati eſeguiti, ed approvati dagli Architetti più intelligenti, affinchè ſu' medeſimi ſi poſſano applicare i principj ſtabiliti ſulla reſiſtenza, e ſulla combinazione de' legnami.

305. I ponti ſtabili di legname, che ſi coſtruiſcono ſu' fiumi ſon formati; altri con pile fondate nell' acqua, e con diverſi legnami, che poggiando ſulle ſteſſe, ne formano il paſſaggio. Altri poi in vece delle pile, hanno alcune palificate compoſte di uno, di due, e ſino di tre file di groſſi pali conficcati nel fondo de' fiumi, ed a ſeconda della corrente; e ben collegati, e congegnati inſieme; ſu tali palificate, che fanno le veci delle pile, ſi forma il paſſaggio ſuperiore con altri legni poſti per lungo, e per traverſo.

306. Or quanto alla coſtruzione delle pile, ſi additò (n.100. e 103.) qual ne debba eſſere la figura. Se ne può intanto oſſervare la pianta nella figura *n* A *n*, avvertendo che l'angolo *n* non ſi fa mai maggiore del retto, e ſovente lo ſperone, che ſi oppone alla corren- Fig. 77.

te ſi guarniſce di forti laſtre di ferro, che inviluppino lo ſteſſo angolo *n*. Si ſpecificò inoltre, perchè le pile ſi forniſcano di ſperoni, e ſi additò la maniera di determinare delle pile iſteſſe la groſſezza, e l' altezza, poichè la lunghezza rimane determinata dalla larghezza, che convien dare a' ponti ſecondo le circoſtanze, per le quali ſi coſtruiſcono. Finalmente è ſtato anche detto ſulla maniera di ben fondare nell' acqua le pile medeſime (n.209. a 212.).

307. Quanto alla coſtruzione delle pile ſi averta. I. Che quantunque ſe ne poſſa determinar la groſſezza ſecondo ſi è accennato di ſopra, pure è da ſaperſi, che gli Architetti hanno ſenza calcolo alcuno praticato diverſamente. In fatti alcuni hanno ſtabilito, che la groſſezza ſuddetta eſſer debba la terza parte della larghezza dell' arco; ed altri più ſenſatamente la ſtabiliſcono il quarto, ed anche il quinto di detta larghezza a tenore delle circoſtanze, e quando gli archi ſono di fabbrica. II. Che delle pile che ſono ne' due eſtremi
Fig. 78. delle rive, come M, N, deve ciaſcuna eſſer fornita di due ale di fabbrica *p q p q* atte a reſiſtere all' urto delle terre, e poſte in direzio-

zione obliqua alla corrente, acciocchè l'acqua vi urti con minor forza. III. Che tutte le pile, e le ale ſuddette ſi hanno a coſtruire a ſcarpa, e co' materiali i più atti a conſolidarſi, ed a reſiſtere nell'acqua.

308. Quando poi, in vece delle pile, ſi voglia far uſo delle palificate, che formino i pilaſtri; ſi debbono primamente ſegnare, e ſtabilire i ſiti de' medeſimi, con allontanarli l'uno dall'altro a miſura, che la corrente è maggiore. In ſiti sì fatti ſi pianteranno a forza di batti pali, groſſi e lunghi pali in guiſa, che nelle grandi eſcreſcenze poſſano le acque rimanere ad un livello inferiore, e dar ſi poſſa il paſſaggio per ſotto il ponte, alle barche, ſe il fiume è navigabile. Gli ſteſſi pali poi, che formar debbono ciaſcun pilaſtro, ſi diſpongono in una, in due o al più in tre file, ſecondo che il ponte è meno, o più alto; ſecondo che le acque ſono più o meno abbondanti; e ſecondo che il paſſaggio ſarà ſottopoſto a minore, o a maggiore peſo di carri, di vetture ec.

309. Sia M M un alveo di un fiume; ſi diſpongono i pali a ſeconda della corrente X, Fig. 79.

in guisa , che le due file A *p* , B *r* formino un pilastro , e l' altro le file C *q* , D *s* . Un palo poi disterà dall' altro contiguo per piedi due fino a quattro . I pali di ciascuna fila si collegano e congegnano con altri legni nella
Fig. 80. maniera espressata nella figura , vale a dire , che nella parte superiore si connettono per mezzo della trave RS , nella quale s' incastrano le teste de' pali per un quarto , o un terzo della sua grossezza . Si collogheranno inoltre gli stessi pali con altre travette TT , nelle quali si faranno incavi profondi un quarto della loro grossezza , e vi s' inchioderanno stabilmente . Dell' altra parte de' pali si connetteranno nella stessa guisa le altre travette VV , VV . Le diverse file poi di un istesso pilastro si collegano tra loro per mezzo di altri legni , siccome si può facilmente concepire .

310. Per assicurare i pilastri suddetti dagli urti de' giacci , e di altre materie , che i fiumi trasportano nelle grandi escrescenze , si piantano dalla parte della corrente avanti ciascun pilastro due o tre pali , siccome si osservano in pianta nella stessa figura 79. , che distino tra se da quattro fino a sei piedi , e che

sieno

ſieno collegati con legni traſverſalmente poſti. Altri aggiungono a' pilaſtri di legno, non altrimente che ſi pratica nelle pile, i ſperoni, o ſiano *rompigiacci*, ſiccome ſi rileva dalla figura. Or ſiccome in queſta combinazione i pilaſtri eſſendo anneſſi a' ſperoni, ricevono il primo urto delle materie, che le acque traſportano, così è vantaggioſo piantare i pali eſtremi in guiſa, che verſo la parte ſuperiore vadino le loro diſtanze a reſtringerſi ad un piede, o ad ūn piede e mezzo, quando nel fondo diſtino di tre piedi ad un di preſſo. Fig. 81.

311. L'additata coſtruzione è generalmente vantaggioſa per tutti gli altri pali che formano i pilaſtri, i quali acquiſtano in ſimil guiſa una baſe maggiore, e ſi eſpongono alla corrente obliquamente. E' poi da notarſi, che i diviſati ſperoni ſi ſogliono empiere di groſſe pietre, e coprire lateralmente di groſſe tavole; e che con tavole ſi coſtuma anche coprire gl' interi pilaſtri, affinchè i rami, i tronchi di alberi, e tutte le altre materie, che ſeco traſportano i fiumi nelle loro eſcreſcenze, non ſi arreſtino tra pali e non ne produchino più facilmente la rovina a cagione delle ſvan-

taggioſe combinazioni, colle quali l'acqua vi può agire.

312. Avendo ſtabilite le pile, o i pilaſtri di legno, ſi hanno in ſeguito a connettere gli altri legni, che formar debbono il paſſaggio ſuperiore del ponte. Quanto alle combinazioni de' legni, che formar debbono un paſſaggio tra una pila, e l' altro, o tra un pilaſtro di legno, e l' altro; biſogna diſtinguere quelle, che s' impiegano nelle piazze di guerra, e ne' piccoli fiumi, ne' quali la diſtanza de' pilaſtri non oltrepaſſa i piedi 25. in circa, dalle altre in cui l' additata diſtanza è maggiore, e ſi può eſtendere ſino ai 120. e più piedi. Le prime combinazioni ſi formano di groſſe travi, che ſi fanno poggiare orizzontalmente ſulle pile, o ſu' pilaſtri di legno, fiſſandovele con cavicchie, con groſſi chiodi, con ſpranghe, e faſce di ferro. Su queſte travi poi che ſi ſituano a competenti diſtanze tra ſe, ſe ne pongono altre traſverſalmente, ed in modo che formino un ſuolo continuato, unito e contraſtato. Su queſto ſi forma, ſe fia neceſſario, un ſeliciato con qualche pendio verſo le ſponde, per facilitare lo ſcolo delle acque. Le

pri-

prime travi ſi debbono far poggiare, e collegare ſu pilaſtri, ed aſſicurare con puntelli, ſe biſogni, nel modo additato (n.264. a 268.). Si aſſicurano infine le ſponde del ponte con balauſtri, e connettendo i legni che la formano in una maniera ſtabile, e reſiſtente.

313. Tutti sì fatti ponti, allorchè ſervono nelle piazze di guerra, debbon eſſere interrotti da ponti levatoi, ſecondo fu detto (n.43. a 45.). E di più qualora ſono di molti archi, i più eſteſi ſi hanno a coſtruire in guiſa, che ſi poſſano con facilità ſcomporre i legni, co' quali ſono coſtruiti i paſſaggi, acciocchè ſi poſſano arreſtare le intrapreſe di un nemico, che tentaſſe il paſſaggio per ponti sì fatti.

314. Quanto poi a' paſſaggi di grande eſtenſione, non potendoſi coſtruire nel modo di ſopra additato a cagione della inſufficiente lunghezza, e reſiſtenza delle travi ordinarie; conviene che i legni ſi congegnino, e ſi contraſtino, facendo uſo di travi, che ſieno immobilmente incaſtrate tra pilaſtri, e tra altri legni poſti verticalmente, e rinforzate con puntelli, impiegando per conſeguire la ſtabilità, incavi, incaſtri, chiavarde, cavicchie, cunei,

catene, e ſpranghe di ferro, ſecondo ſarà più neceſſario. Gli ſteſſi paſſaggi ſi poſſono coi mezzi additati formare orizzontali, ad angoli, e con archi. Comunque ſi facciano, non ſi debbono perder di mira le coſe dette circa la reſiſtenza de' legnami, e circa la combinazione de' medeſimi ne' diverſi Articoli del preſente Capitolo.

315. Per dare di sì fatte combinazioni qualche eſempio; ſi ravviſa nella figura una laterale parte di un paſſaggio di ponte tra due pile, che poſſono tra ſe diſtare ſino a diece
Fig. 82. teſe. Le travi *s r*, *s r*, *s r* poggiando ſulle pile, e rendendoſi inflеſſibili col mezzo de' puntelli *m*, *m*; reſtringono il vano del paſſaggio. Sulle travi medeſime poi ne poggiano due altre, le quali nel mezzo del paſſaggio iſteſſo ſi vanno ad unire alla trave perpendicolare A B, che ſerve loro di contraſto. La trave inoltre AB vien ritenuta nella eſpoſta poſizione per mezzo de' puntelli *o p*, *o p*, che la mettono in un contraſto invincibile colle travi *s r*, *s r*, uſando intagli, incaſtri, chiavarde, ed altri ligami di ferro. Le travi *sr*, *s r*, ſi debbono immobilmente unire a' pilaſtri,

ed

ed in guiſa da non poter affatto retrocedere. Per rendere sì fatta armadura più reſiſtente vi poſſono anche conferire le vantaggioſe combinazioni de' legni, che formar debbono i balauſtri.

316. Si noti che la trave AB poſta verticalmente viene collegata nella parte inferiore per mezzo di una trave molto reſiſtente, e che ſtà orizzontalmente poſta, ad un' altra verticale diametralmente oppoſta, che ſi trova della ſteſſa maniera combinata, e contraſtata nell' altra parte laterale del ponte. Una sì fatta unione ſi eſegue per mezzo d' incaſtri, di chiavarde, e di ligami di ferro che collegano invincibilmente alle travi perpendicolari A B, l' orizzontale additata. Dopo che ſi ſiano poi coſtruiti in sì fatta guiſa i laterali, per formare l' intero paſſaggio, ſi farà uſo di altre travi ſituate a competenti diſtanze tra ſe, che poggino ſu pilaſtri, e che ſieno rinforzate con puntelli ſimili a *m r*; e ſu queſte ne poggeranno altre con un eſtremo, e coll' altro ſu la trave, che collega le due verticali AB. Finalmente ſi terminerà il paſſaggio con travi traſverſalmente poſte, che poggino ſulle laterali,

rali, e ſull' altre intermedie di già immobilmente combinate, e congegnate. Si ricoprerà un sì fatto paſſaggio nel modo additato (n. 312.). Nell' eſpoſta coſtruzione, i legni oppongono la maggior reſiſtenza poſſibile; ſono rinforzati, acciocchè non ſi pieghino; ſono invincibilmente contraſtati; e ſono le combinazioni aſſicurate con reſiſtenti legami.

Fig. 83. 317. La figura AB dimoſtra la lateral parte di un ponte coſtruito in Italia dal celebre Palladio. Le pile A, B diſtano tra ſe per teſe diecesſette ad un dipreſſo. L' intero paſſaggio è quaſi che orizzontale; è diviſo in ſei parti uguali, ciaſcuna di 17. piedi, le quali ſono talmente conneſſe, che ne formano una ſola, ma ſervono intanto a farne conoſcere la coſtruzione. Eſaminando la combinazione di ciaſcuna delle additate parti, ſi oſſerva, che nella unione di due parti vicine, vi è una trave della groſſezza di pollici dodici, e della lunghezza uguale alla larghezza del ponte, e ſecondo la quale è poſta. Tutte le altre travi adunque conſimili ſon diſpoſte ſecondo la corrente del fiume, ſono tra ſe parallele, e diſtano anche tra ſe per 16. in 17. piedi.

318.

318. Or ciaſcuna delle additate travi vien collegata, e conneſſa ne' ſuoi eſtremi a due travi verticali, per mezzo di ſpranghe di ferro e di chiavarde. Una sì fatta armadura poi vien ritenuta al livello del piano del ponte per mezzo di quattro travi, che in ciaſcun laterale vengono a contraſtare le travi verticali tra ſe, e co' pilaſtri. Di più ſono le travi verticali *X*, *X* contraſtate e ritenute nel loro ſito da altre travi, delle quali MN, MN con un eſtremo ſono incaſtrate ſulle travi che poggiano ſu' pilaſtri, e coll' altro vi fanno contraſto, e nel tempo iſteſſo, che dalla parte interna ſono tra ſe immobilmente contraſtate dalla trave orizzontale *p q*. Le travi verticali, che ſono negli eſtremi, e l' altro ch' è nel mezzo, ſono contraſtati da puntelli *e*, *e*, i quali ſono appoggiati cogli altri eſtremi alle travi verticali *X*, *X*. Avendo ſiſſati immobilmente le laterali parti del ponte per mezzo delle travi che ne formano l' unione per traverſo; ſu queſte ſi mettono le altre travi, e ſi ricoprono nella maniera più volte detta, per formarne il paſſaggio.

319. L' additata coſtruzione è da reputarſi van-

vantaggioſa. I. perchè i legni oppongono la maggior reſiſtenza, nel tempo iſteſſo, che ſi pratica la più ſemplice combinazione. II. perchè invincibile è de' legni medeſimi il contraſto, e la conneſſione. III. perchè creſcendo il peſo a cagione delle vetture, e de' carri, che debbono paſſare ſul ponte, ſi aumenta la reſiſtenza, poichè creſcono i reciprochi contraſti de' legni, ſenza che poſſano mancare, opponendo ſempre le maſſime reſiſtenze. IV. perchè, non eſſendovi rampe che rendano difficoltoſo il paſſaggio di un ponte sì fatto, ſi rende molto comodo, e vantaggioſo.

320. Si poſſono oſſervare altre coſtruzioni di ponti di legname, che poggiano ſopra pile, e che procedono con archi, come ſi rilleva dalle figure. Colle conoſcenze date ſulle combinazioni, e ſulle reſiſtenze de'legni, ſi poſſono eſaminare i vantaggi, e i diſvantaggi che ſi hanno nelle coſtruzioni, che le figure additano, e nelle altre, nelle quali ſi voglia far uſo di archi, più o meno ſurbaſſati.

Fig. 84. 85. e 86.

321. Quanto fin quì ſi è detto ſu' ponti di legno coſtruiti con pile, o ſieno pilaſtri di fabbrica, ha altresì luogo, ſe i pilaſtri ſieno di le-

legno. Nella figura ſi ravviſa la parte late- Fig. 87.
rale di un ponte. Viene il medeſimo formato da tre paſſaggi, o ſia da tre archi, de' quali due ſono ſimili a C B, e ciaſcuno è largo 12. teſe; e l'altro CD è largo teſe 15, ed è di coſtruzione differente, per dargli maggior contraſto. I pilaſtri ſono formati ſu tre file di pali come E, G, H; e ſono ricoperti lateralmente di tavole, come *d e*. La linea punteggiata MN dimoſtra il livello dell'acqua nelle più grandi eſcreſcenze. Non ſi è detto di più ſulla coſtruzione de' ponti; poichè in queſti Elementi di Architettura Militare, non mi è ſembrato conveniente fare un trattato de' ponti, nel quale ſarebbe ſtato certamente neceſſario di venire a più minuti diviſamenti, e riguardo alla coſtruzione de' ponti ſtabili, per la quale ſi avrebbe dovuto parlare ſul taglio delle pietre che ſervono per gli archi de' medeſimi; e riguardo all' altra de' ponti volanti, e de' ponti di barche (1).

CA-

(1) Sulla coſtruzione de' ponti ſi debbono conſultare Frezier, Gautier, l'alladio, e tutto ciò che n' è ſtato ſcritto e praticato in Francia dagl' Ingegneri de' Ponti, e Strade.

CAPITOLO VII.

Della condotta de' lavori di fortificazione.

ARTICOLO I.

De' metodi, che si possono generalmente praticare nell' esecuzione de' grandi lavori.

322. LA condotta de' grandi lavori, come sono quelli della costruzione delle fortezze, richiede de' talenti non ordinarj, poichè si debbono avere presenti in tutta l' estensione gli oggetti del progetto, che si vuole eseguire; e si debbono con discernimento immaginare, ed impiegare i mezzi per ottenerne l' esecuzione, con regolarità, precisione, ed economia. Fu ammirabile in ciò il Maresciallo di Vauban, ed i di lui regolamenti meritano di essere imitati.

323. I metodi intanto che usar si possono ne' grandi lavori si riducono a quattro. Il I. è per partiti generali. Il II. per partiti particolari; convenendo in ambedue sul prezzo

de'

de' lavori. Il III. è a partiti generali, e particolari, apprezzando i lavori fatti. Ed il IV. è per economia.

324. Il I. metodo può eſſere utile, ſe ſi trovino degl' intraprenditori molto ricchi, e forniti di talenti, e di conoſcenze neceſſarie per riuſcire nelle grandi opere; e ſe ſi ſappiano ben ſtabilire le condizioni del contratto, per ben aſſicurare l'eſecuzione della coſtruzione delle opere medeſime, riguardo all'economia, al tempo, alla ſtabilità, all' eſattezza, ed alla preciſione. Evitar quindi ſi deve, che l' eſecuzione del partito ſi arreſti o per mancanza di denaro, o per ineſpertezza degl' intraprenditori, e che ſe ne debba affidare ad altri il proſeguimento; poichè coſtoro e per ſcoraggimento, e per animo di profittare, chiederanno prezzi maggiori, e ſarà inevitabile la confuſione, ed il prolungamento del tempo per la coſtruzione.

325. Il II. metodo, cioè quello de'partiti particolari può eſſere preferibile al I., poichè è più facile di ritrovare intraprenditori; ſi può ottenere più agevolmente la ſollecitudine della

la coſtruzione delle opere; ſi può altresì conſeguire una eſecuzione più preciſa riguardo alla ſtabilità, ed all' eſattezza, potendo adattar meglio i partiti a perſone iſtruite ne' diverſi meſtieri; e ſi può finalmente con economia affidare molti partiti ad individui locali delle Provincie, ove ſi eſeguono i lavori, ſenza far piombare immenſe ſomme di denaro in mano di pochi intraprenditori delle gran Capitali; lo che è molto uniforme alle regole di una beninteſa pubblica Economia.

326. Il III. metodo, per apprezzo di lavori, o che i partiti ſieno generali, o particolari, potrebbe aſſicurar meglio l' eſattezza della coſtruzione, purchè s'invigili giornalmente all' eſecuzione; e ſi abbiano reviſori, ed eſtimatori, che ſappiano ben conoſcere le qualità de' materiali; che intendan bene l'arte di coſtruire; e che ſiano inoltre ſommamente oneſti. Senza sì fatte circoſtanze, ſi può incorrere in errori ſopratutto in materia di ſabbriche; ne può ſoffrire l' eſecuzione del progetto nella preciſione, e nella ſtabilità; e gli arbitrj riguardo al prezzo de' lavori poſſono eſſere molti.

327.

327. Il IV. metodo poi, ch'è quello dell' economia, è pieno di molti, e difficili diviſamenti; è poco vantaggioſo, a cagione delle frodi, alle quali è ſoggetto così per parte degli operarj, che di coloro che vi ſoprintendono; e creſcono sì fatti inconvenienti ſe i lavori ſiano forzoſi, poichè è impoſſibile che ſi ottenga la diligenza, l'eſattezza, e la buona volontà da uomini che travagliano per forza, i quali ſono intenti ſoltanto a far paſſare il tempo colla loro minor fatica.

ARTICOLO II.

Delle regole più generali a ben condurre i lavori, che s' intraprendono co' metodi diviſati nell' articolo antecedente.

328. NOn ſi deve cominciare il lavoro di un' opera qualunque, ſe non ſiaſi con anticipazione fatta la provviſione de' materiali; e ſe non ſiano pronti i lavorieri, ed i ſoprintendenti di eſſi, onde ſi poſſa ottenere un' eſatta, ed economica eſecuzione del progetto, il quale ſi ſuppone eſpoſto con chiarezza ne' più minuti diviſamenti. La mancanza di sì fatte previdenze, arreſta con iſvantaggio i lavori; obbliga d'impiegare mezzi eſtraordinarj, e diſpendioſi per appreſtarvi rimedio; ed il diſordine e la confuſione, che ne riſultano, apportano danno alle Popolazioni, ed alla pubblica Economia.

329. La diſtribuzione de' materiali far ſi deve ne' ſiti preciſi, ne' quali ſi debbono impiegare, e nella quantità, e qualità che ſi richiede. I traſporti de' materiali medeſimi far ſi deb-

ſi debbono per le ſtrade le più brevi, evitando ogni imbarazzo, e ritardo. Ne' gran lavori i più piccioli arreſti augumentano conſiderevolmente la ſpeſa. Sì fatti diviſamenti nelle grandi opere di Fortificazione ſi affidano ad Ingegneri di primi ordine; poichè conoſcendo eſſi il progetto in tutta l' eſtenſione; poſſono con diſcernimento, ed eſattezza, dettagliare i mezzi più proprj all' eſecuzione, da' quali dipende la buona riuſcita dell' opere che ſi debbono coſtruire.

330. Nella diſtribuzione de' lavori conviene impiegare le perſone ſecondo la di loro intelligenza, e pratica della profeſſione, ch' eſercitano. Sopratutto ſi badi ai fabbricatori, a' quali biſogna che ſi faccia ſoprintendere da perſone che ſappiano l' arte di fabbricare, poichè le inavvertenze ſu queſto aſſunto producono de' mali incalcolabili.

331. Ne' contratti che ſi fanno riguardo alle fabbriche, non biſogna mai obbliare di convenire, che vi debba ſoprintendere un uomo conoſcitore; e che non ſi prepari mai il calceſtruzzo ſenza l' aſſiſtenza di un Commeſſario intelligente, che ne faccia eſeguire la combi-

nazione, e la manipolazione ſecondo le iſtruzioni, che ne debbono gl'Ingegneri dare. Ciò ſi eſegua, qualunque ſiaſi il metodo, col quale s' intraprenda l' eſecuzione del progetto, poichè è impoſſibile di determinare con eſattezza i difetti del calceſtruzzo, dopo che ſi ſia fabbricato.

332. Conviene poi, che in qualſivoglia lavoro vi ſiano de' ſopraſtanti, qualunque ſia il metodo dell' eſecuzione. Si debbono augumentare ne' lavori che ſi eſeguono per economia, acciocchè poſſano eſſi invigilare su' lavorieri; ricompenſare i diligenti; mandar via quelli che mancano di volontà, e di arte; e di ſcegliere fra lavorieri iſteſſi per ogni cento uno che ſia fedele, ed eſperto a ben condurre gli altri.

333. Ne' lavori a partito biſogna avere de' ſopraſtanti nelle fabbriche, ed in ogni qualſivoglia coſtruzione, in cui vi poſſa aver luogo la mala fede nell' atto dell' eſecuzione.

334. Ne' lavori forzoſi, che ſi eſeguono o da' ſervi della pena, o dalle popolazioni, o da' ſoldati, come ſono per lo più i lavori di terra; ſi debbono fiſſare le ore del travaglio,

e del

e del ripoſo , con ſeguire le coſtumanze de' paeſi riſpettivi, in cui ſi lavora ; e ſtabilir ſi deve la paga giornaliera ai ſoldati ed ai ſervi della pena. In sì fatti lavori è ſempre miglior conſiglio, di formare delle diviſioni de' lavorieri , annotando in ciaſcuna diviſione quelli dell' iſteſſo Paeſe ; con aſſegnarle il lavoro per ſettimana. In far ciò deve l' Ingegnere prendere in conſiderazione la qualità delle terre che ſi debbono ſcavare ; i luoghi ove ſi travaglia ; la ſtagione ; i traſporti ; ed ogni altra circoſtanza , che poſſa metterlo in iſtato di giudicare giuſtamente delle ricombenze corriſpondenti a' lavori.

335. Ne' lavori di ſcavazione, di traſporti, e di riempimenti di terre ; biſogna determinare con preciſione la quantità che biſogna ſcavare ; quella che ſi deve traſportare per l'eſecuzione del progetto ; ed i ſiti ove far ſe ne deve uſo , ſecondo i profili ſtabiliti , per non impegnarſi in lavori inutili ; diſpendioſi , perchè replicati ; e ſpeſſo nocivi all' eſecuzione del progetto.

336. Il ſuddiviſato articolo richiede molto diſcernimento , molta previdenza , ed eſatto

calcolo. Infatti i traſporti fatti per ſtrade tortuoſe augumentano eccessivamente la ſpeſa; la mancanza di calcolo, e di dettaglio ſulle quantità di terra da ſcavare, e da traſportare può ſcomporre il terreno al di là del biſogno; ed obbliga a traſporti replicati, e quindi ne deriva il diſordine, ed il diſpendio eccessivo.

337. Conviene finalmente uſare molta attenzione a ſtabilir bene le fondamenta delle fabbriche in ogni ſorte di terreno; a ben formare il calceſtruzzo; e ad impiegare con arte i materiali diverſi, onde ſi formano le fabbriche; ſiccome è ſtato detto in tutta l'eſtenſione ne' diverſi Capitoli di queſto IV. Tomo.

Fine del Tomo IV.

IN-

607237

INDICE

DE' CAPITOLI, E DEGLI ARTICOLI DI QUESTO QUARTO TOMO.

Dell' Architettura Militare.

LIBRO IV.

Di tutto ciò, che riguarda la ſtabilità delle Opere di fortificazione, e degli Edifizj militari, che coſtruir ſi debbono nelle Fortezze; e delle regole più generali ſulla condotta de' lavori di sì fatte opere.

CAP. I.

Della maniera di coſtruir reſiſtenti i riveſtimenti di fabbrica de' ripari, e delle altre opere di terra delle piazze di guèrra.

ARTICOLO I. *Delle dimenſioni de' riveſtimenti de' ripari praticate dal Mareſciallo di Vauban; e di ciò che ne pensò il Belidoro.* pag. 5

ART. II. *Si eſpongono i riſultati de' calcoli, che gl' Ingegneri hanno praticato per la determinazione della groſſezza delle mura, che ſoſtener debbono lo ſforzo delle terre de' ripari, e di ogni altro terrapieno.* 13

ART. III. *Si eſpone la teoria, colla quale ottener ſi può il vero calcolo delle dimenſioni da darſi ai riveſtimenti.* 26

CAP. II.

Delle Opere, e degli Edifizj neceſſarj in una piazza di guerra.

ART. I. *De' raſtrelli, de' ponti, delle porte, e de' corpi di guardia.* 44

ART. II. *Degli alloggi de' Soldati, e degli Offiziali; comanche degli Spedali.* 49

ART. III. *Delle piazze d' armi, della diſtribuzione delle ſtrade, comanche delle abitazioni per gli Offiziali dello ſtato maggiore; degli arſenali, de' granai, e di altri edifizj minori; ed in fine de' ſotterranei.* 54

CAP.

CAP. III.

Della maniera di calcolare la reſiſtenza delle mura degli Edifizj militari, ed in particolare di quelli coperti con volte.

ART. I. *Del modo di calcolare la reſiſtenza delle mura iſolate, o gravate di peſo verticalmente.* 62

ART. II. *Si eſpone la teorica, colla quale generalmente determinar ſi può la forza, con cui gli archi, e le volte ſpingono i piè diritti, che le ſoſtengono; e la reſiſtenza che queſti aver debbono per equilibrarla.* 67

ART. III. *Applicazione della teorica anzidetta per determinare l'urto delle volte, delle quali conviene far uſo nelle fabbriche militari.* 74

ART. IV. *Si avvertono alcune coſe circa la coſtruzione degli edifizj, ch' eſſer debbono a pruova di bombe.* 93

CAP.

CAP. IV.

Della conoſcenza, e della ſcelta de' materiali; e della compoſizione di alcuni de' medeſimi, allorchè ſi abbiano ad impiegare nella coſtruzione delle fabbriche.

ART. I. *Si rileva la neceſſità di ben conoſcere i materiali, de' quali ſi fa uſo nella coſtruzione delle fabbriche, e ſe ne diviſano le diverſe ſpecie.* 106

ART. II. *Si eſaminano generalmente le proprietà fiſiche de' materiali, che s' impiegano nella coſtruzione delle mura.* 108

ART. III. *Della calcina; dell' arena; della* pozzolana, *e della compoſizione delle medeſime, o ſia del calceſtruzzo.* 115

ART. IV. *Del geſſo, delle pietre, e de' mattoni.* 131

ART. V. *Delle più eſſenziali qualità del ferro da impiegarſi nella coſtruzione degli Edifizj militari.* 141

CAP. V.

Si diviſano i mezzi, che poſſono condurre a ben coſtruire le mura degli Edifizj, ed a ben ſtabilire le fondamenta.

ART. I. *Della coſtruzione delle mura ſemplici non meno, che delle volte.* 144

ART. II. *Si diviſano generalmente i mezzi per iſtabilire le fondamenta delle mura degli Edifizj.* 157

ART. III. *Si additano i mezzi pratici per ben ſtabilire le fondamenta ne' terreni ſodi; ne' ſaſſoſi, e di diverſa conſiſtenza; nelle terre arenoſe e mobili; e ne' ſiti acquoſi, e paludoſi.* 165

ART. IV. *Si danno le avvertenze le più neceſſarie per iſtabilire le fondamenta ne' fiumi, e nel mare.* 176

CAP. VI.

Delle principali proprietà de' legnami; del modo di eſaminarne la reſiſtenza; e dell' uſo de' medeſimi nella coſtruzione degli Edifizj militari, e de' ponti.

ART. I. *Si additano le principali proprietà de' legnami; e si diviſa la ſpecie di quelli, che s' impiegano nelle fabbriche.* 193

ART. II. *Del modo di calcolare la reſiſtenza de' legnami per farne uſo nella pratica.* 205

ART. III. *Si diviſano le più generali, e più neceſſarie combinazioni de' legnami.* 232

ART. IV. *Della combinazione de' legnami nella coſtruzione de' tettoi; come altresì della maniera d' impiegare, e di conbinare i legni, per rendere le volte, ed i ſolai degli Edifizj militari atti a reſiſtere in tempo di aſſedio all' urto delle bombe.* 242

ART. V. *Della combinazione de' legnami nella coſtruzione de' ponti.* 256

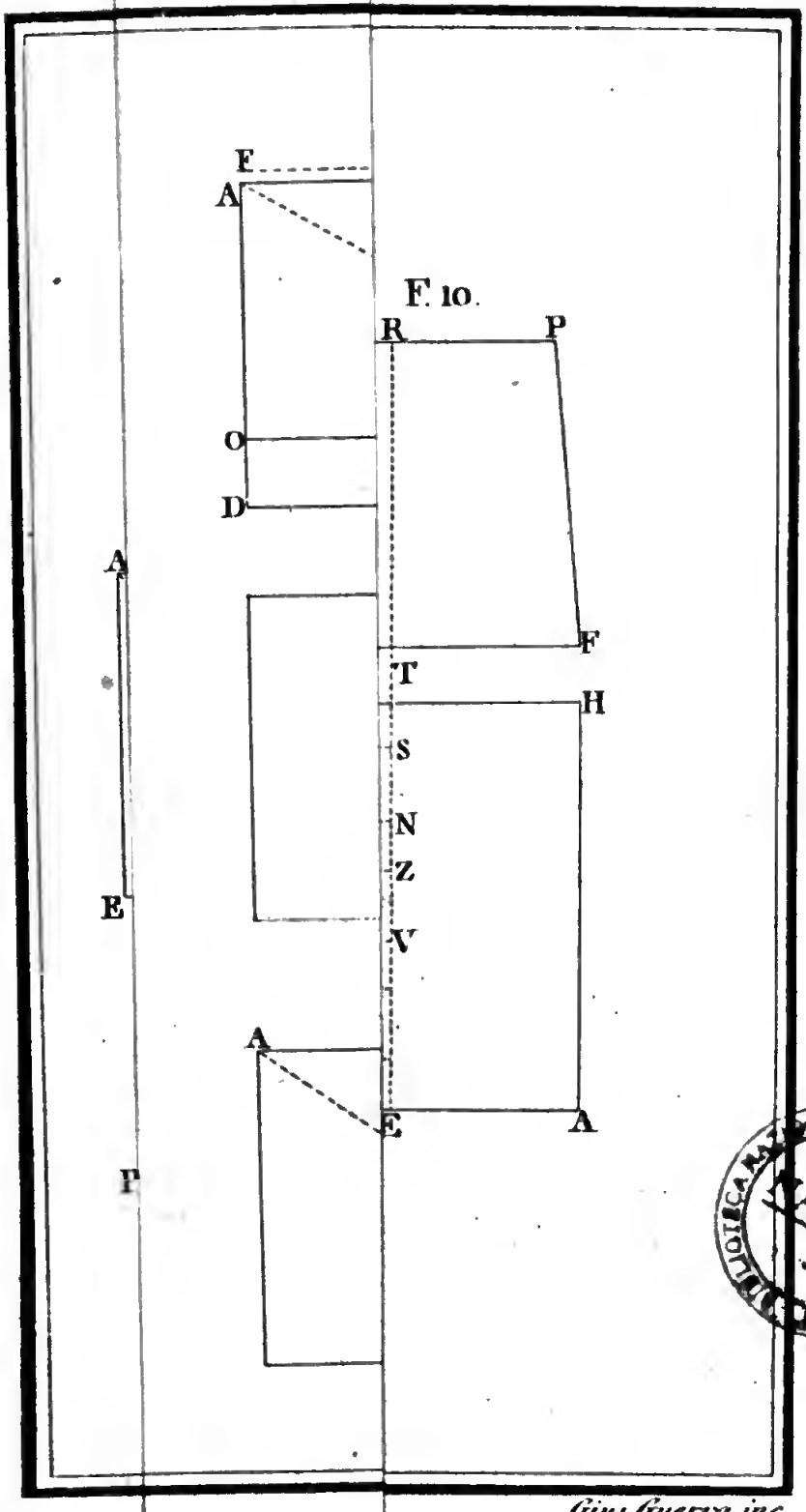
CAP. VII.

Della condotta de' lavori di fortificazione.

ART. I. *De' metodi, che si possono generalmente praticare nell' esecuzione de' grandi lavori.* 270

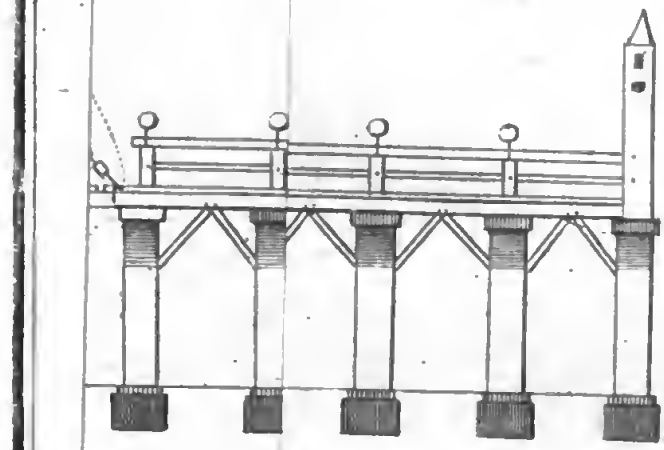
ART. II. *Delle regole più generali a ben condurre i lavori, che s' intraprendono co' metodi divisati nell' articolo antecedente.* 274

Tav. I.

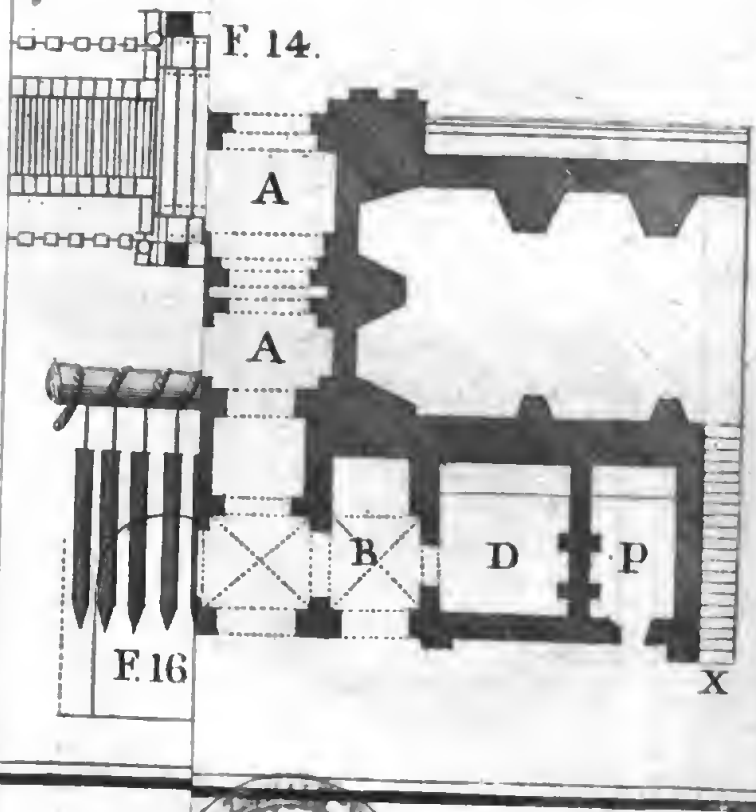


Gius. Guerra inc.

NAPOLI



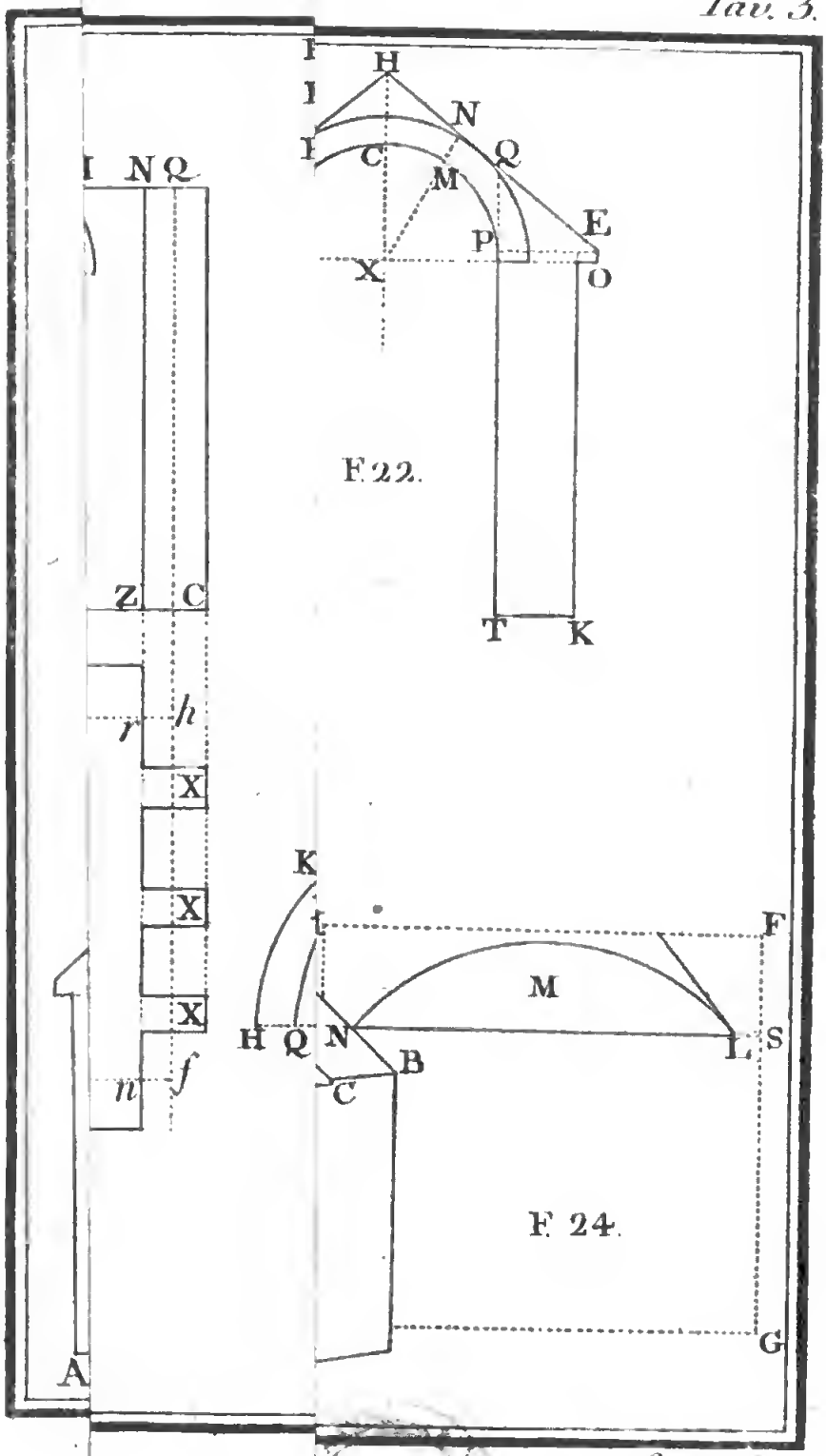
F. 14.



Guerra inc.

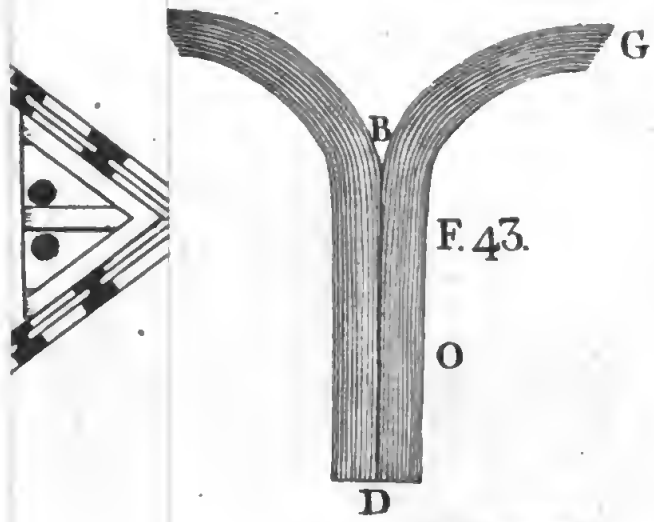
NAPOLI

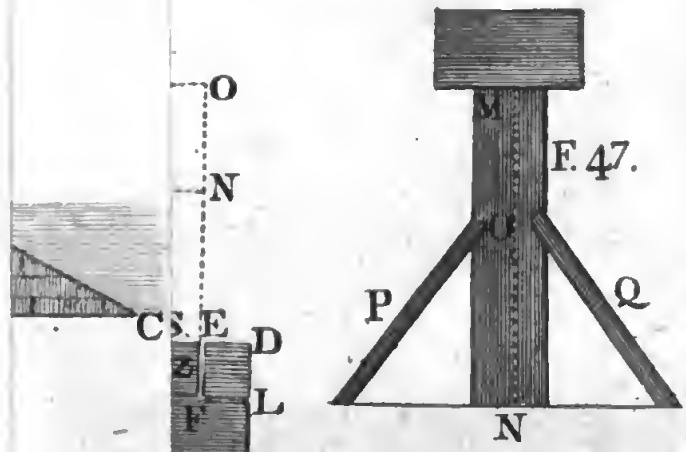
Tav. 3.

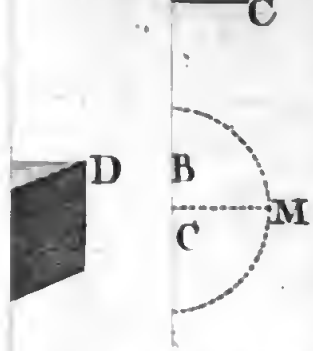


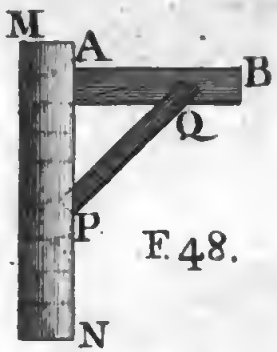
Guerra inc.

NAPOLI





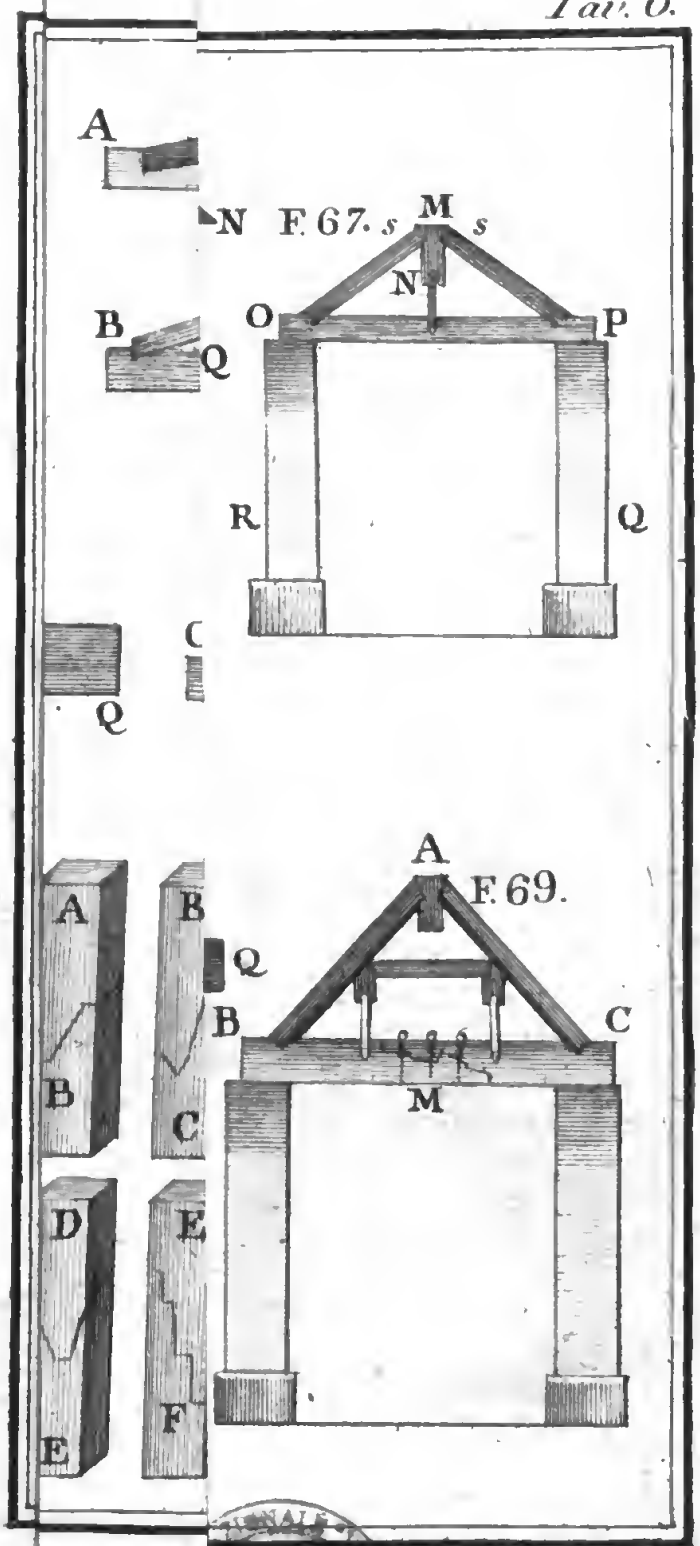




Guerra inc.

REGIO MUSEO BORBONICO NAPOLI

Tav. 6.

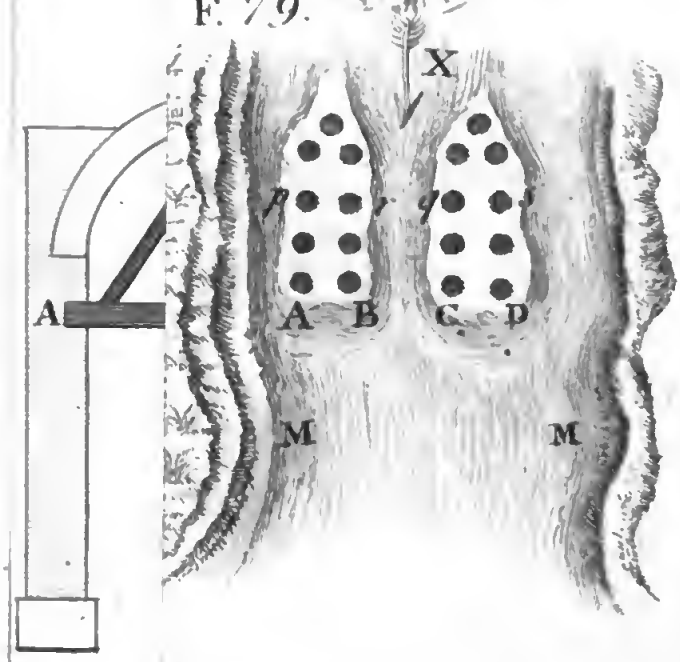


NAPOLI

Guerra inc.

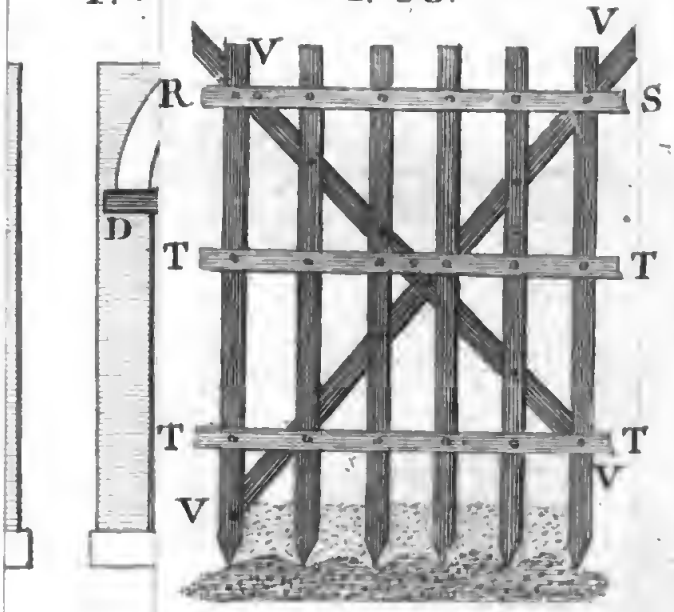
NAPOLI

F. 79.



F. 7

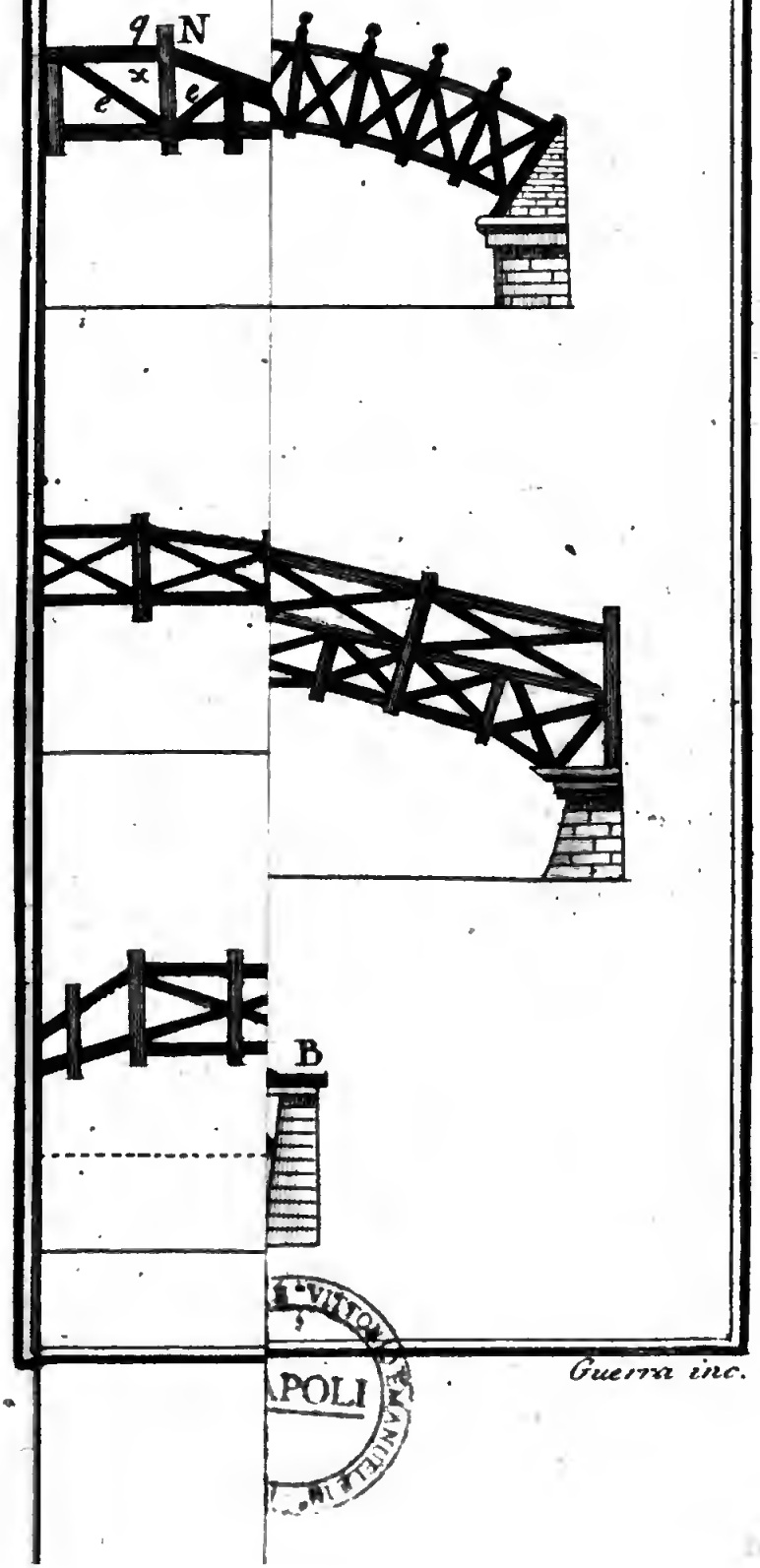
F. 80.



Guerra inc.

Digitized by Google

Tav. 8.

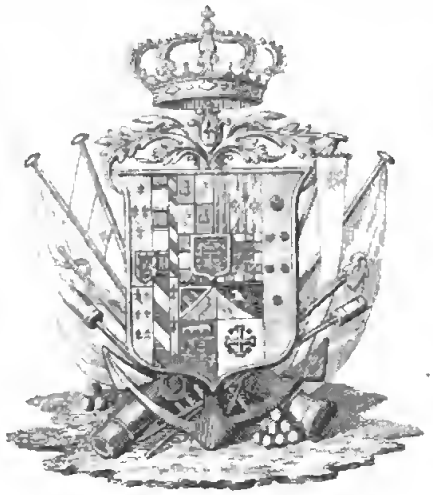


Guerra inc.

REALE OFFICIO TOPOGRAFICO

Armadio VIII

Scansia 4.ª



N.º 4

Google